



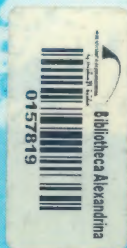
منشورات الجامعة الأردنية

المعادن والصخور الصناعية في الأردن

توافرها وخصائصها ونشأتها

هاني نقولاخوري

عمان ١٩٨٩م



اهداءات ١٩٩٨
المعهد الدبلوماسي الأردني
الأردن



منشورات الجامعة الأردنية

المعادن والصخور الصناعية في الأردن

توافرها وخصائصها ونشأتها

هيمنى نقولا خوري

عمّان ٢٠١٨

الطبعة الأولى

٥٤٩ع٥٣٢١

هانـ هاني نقولا خوري

المعادن والصخور الصناعية في الأردن : توافرها وخصائصها

ونشأتها/ هاني نقولا خوري . - عمان : الجامعة الأردنية ، ١٩٨٩ .

٢٤٤ ص

ر. أ (١٩٨٩/٨/٥٠٣)

١ - المعادن - الأردن أ - العنوان

(تمت الفهرسة بمعرفة دائرة المكتبات والوثائق الوطنية)



الاهداء

إلى زوجتي

وأبنائي

بسم الله الرحمن الرحيم

والله في الدارين خير مني يا ضئلا كنوز كثيرة بعضها غفيرة والبعض
 الله عز وجل يستوف بعد ذلك الله فاسم المنزلة ان مصداق الطائفة
 متاهة بكثير في حاجتنا الى اعتبار الكلفة، وتحيي الرضا
 عن امر كثيرة يمكن استئجارها في صناعات فائده جديدة يجب
 ان تظلم الى البور (الذي يكون فيه على حله ودره) بما عندنا من
 زلات ومن طبيعته، وان تكون لنا خطة طويلة الاستمرارها
 بقدر على سراح حتى نخرج منها حاجتنا ونفي للجمال الفاتحة
 قدر لا يعقولا منها. وهذا يتطلب ان نراعي البنية في خط حليها
 ونحجبها من تكون الماء والطول. والله دون في مرحلة البناء
 الجارية يجب ان يعطى السبل الناصح على فطنته، وفردته في
 الحفاظ على صحة الانسان وبيئته.

منه خطاب علم الله الملك الحق به طلال
 في افتتاح اعمال الفاء التنوير السائل
 يوم الاثنين الموافق ٢٨، ١١، ١٩٨٨

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

تعتبر مصادر الثروة المعدنية من أهم عوامل التطور الاقتصادي والاجتماعي ، وللوقوف على القدرات المعدنية الكامنة في الأردن ومؤشراتها الرئيسية لا بد من التطرق ولو بإيجاز إلى النواحي الجيولوجية فيه .

إن هناك علاقة وطيدة بين نوع المعادن وتوزيعها ونشأتها من حيث المكان والزمان وبين التراكيب الجيولوجية التي نشأت منذ فترة طويلة خلال التطور الجيولوجي في الدرع العربي وعلى طول حفرة الانهدام . وقد ساعدت عمليات رفع الصخور وحركتها إضافة إلى البراكين القديمة في عمليات تركيز الرواسب المعدنية في بعض المناطق .

وتتحكم في جيولوجية الأردن عوامل هامة من ضمنها وقوعه على محاذة الطرف الشمالي للدرع العربي الذي كان مصدر الرسوبيات ، وقد كانت هذه الرسوبيات تتجمع في الأحواض والمنخفضات بتأثير بحر التيش الذي عمل خلال تقدمه أو تراجع على ترسيب الصخور البحرية أو القارية ، وكانت الحركات الأرضية النشطة بمحاذاة حفرة الانهدام تعمل على تقدم البحر أو انحساره ، وبناء على ذلك نلاحظ تميز الصخور المكونة للمقطع الجيولوجي العمودي الممثل لهذه المنطقة بتعاقب الرسوبيات البحرية والقارية التي كانت تتراكم بسماكات متفاوتة حسب الظروف المورفولوجية والمناخية التي سادت في العصور الجيولوجية المختلفة .

وتتركز صخور القاعدة النارية التابعة لحقب ما قبل الحياة في المنطقة المحصورة بين العقبة وجنوب البحر الميت ، ويغطي النوع الجرانيتي على هذه الصخور التي تعتبر مصدراً من مصادر أحجار الزينة والفيلدسبار وبعض العناصر النادرة . أما صخور حقب الحياة القديمة فتميز بأنها رملية قارية تصل سماكتها إلى حوالي ١٣٠٠م تتخللها رسوبيات بحرية ضحلة ، وتحمل هذه الصخور رواسب من الحديد والنحاس والمنغنيز والرمل الزجاجي وبعض المعادن المشعة . أما صخور حقب الحياة الوسطى فهي رسوبية بحرية وقارية وتتركز فيها رواسب المعادن الطينية والفوسفات والجبس والحجر الجيري البتيومييني والتريبولي والصخور الصناعية المختلفة . وتغطي صخور حقب الحياة الحديثة الجيرية والمالكية المناطق الشرقية من الأردن في حين تغطي طبقات جيرية وطفالية وكونجولوميرات وترافرتين منخفضات وادي الأردن وحوض البحر الميت وحوض الأزرق ووادي السرحان ، وتتميز نهاية هذه الفترة (في بداية العصر الرباعي) بحصول الانخساف الرئيسي لحفرة الانهدام في منطقة البحر الميت ، حيث تم ترسيب ما يزيد على ٥٠٠٠م من التبخرات في منطقة

اللسان، كما تتميز بالنشاط البركاني في شمال شرق الأردن حيث غطت الطفوح البركانية البازلتية مساحات شاسعة.

إن دراسة مصادر الثروة المعدنية وتطويرها هو شكل من أشكال التنوع الاقتصادي، إضافة إلى كونه مصدر دخل قومي. ويناقش هذا الكتاب مصادر الثروة المعدنية في الأردن (بامستثناء المياه والبتروال والغاز الطبيعي) في ثمانية عشر فصلاً يبين المؤلف فيها أهم ما تم التوصل إليه من نتائج في مجال رواسب النحاس والمنغنيز والحديد والفوسفات والباريت والكبريت والمعادن الطينية ورمل الزجاج والجبس والفيلديسبار والتريوبول والرخام والترافرتين وأحجار البناء والملح والبوتاس الصخري وأملاح البحر الميت والصخر الزيتي ورمال القار والمعادن المشعة، ولقد ركز المؤلف على بعض الظواهر الجيولوجية الفريدة مثل تشابه الرخام الأردني في مناطق ضبعة وسواقه وصويلح والمقارن بالاسمنت البورتلاندي ونواتجه، وتشابه المياه ذات القلوية العالية في المقارن بالمياه المتكونة في الخرسانة التي تستعمل كمخازن للفضلات الاشعاعية. فدراسة الخواص الكيماوية والبيولوجية لمثل هذه المياه لها تأثير كبير على المدى البعيد - على مستقبل مثل هذه المخازن الخرسانية.

إن ما ورد في هذا الكتاب ليس خاتمة المطاف لموضوعات مصادر الثروة المعدنية المتشعبة، ولكنه مرجع مهم لكل العاملين والمتخصصين في مؤسسات ودوائر البحث الجيولوجي والتعديني، وبالتالي فإن هذا الكتاب يثير الانتباه من خلال ما يتضمنه من معطيات ومعلومات إلى أهمية الثروة المعدنية في الأردن، تلك الثروة التي تعقد عليها الآمال في ضمان التنمية الاقتصادية والاجتماعية. كما يفسح هذا الكتاب المجال أمام المهتمين لإعداد مشاريع الأبحاث والدراسات العلمية والفنية تمهيداً للخروج بالأفكار الجديدة التي من شأنها تحقيق أعلى قدر من التقدم والازدهار لهذا البلد لمواجهة متطلبات التقدم والرقي المعاصر ليتناسب مع التراث الحضاري العربي وتاريخه العريق.

ويسر الجامعة الأردنية التي أخذت على عاتقها نشر البحوث العلمية الرصينة، أن يكون هذا الكتاب من ضمن منشوراتها لهذا العام. وإننا نتوجه بالشكر الجزيل إلى الزميل الاستاذ الدكتور هاني خوري صاحب هذا الكتاب والذي عرفناه باحثاً متميزاً وشخصية علمية مرموقة.

عمان في ١٨/٧/١٩٨٩

محمد عدنان البخيت

عميد البحث العلمي

الجامعة الأردنية

مقدمة

يعد الأردن متحفاً جيولوجياً ومدرسة مثالية لدراسة علم الأرض بفروعه المختلفة، وهو ينفرد بظواهر وتوضعات وتركيب جيولوجية ومعادن وصخور تميزه عن غيره من بقاع الأرض. وسأتناول في هذا الكتاب جزءاً هاماً من ثرواته الحقيقية، وهي المعادن والصخور الصناعية من حيث توافرها وخصائصها ونشأتها وأماكن وجودها.

ولقد قامت الحكومة الأردنية منذ بداية الخمسينات ومن خلال المنظمات والدوائر المختلفة بدراسات علمية لأغراض تقييم الثروات المعدنية. وتقوم سلطة المصادر الطبيعية منذ تأسيسها وحتى الآن بدور فعال في دراسة هذه المصادر وتقييمها. وتقوم الشركات الوطنية حالياً باستغلال بعض هذه الثروات على نطاق واسع أو ضيق. وهناك الكثير من الخامات التي لم تكتمل دراسة جدواها الاقتصادية وهناك الكثير أيضاً الذي ما يزال مدفوناً تحت سطح الأرض بانتظار من يكتشفه.

إن المهمة الكبرى التي تواجهنا ليست فقط تقييم مصادر الثروة المعدنية واستخراجها، ولكن البدء في تصنيعها وتطويرها محلياً لكي نصل إلى أعتاب التطور الصناعي، وامتلاك المهارات والقدرات على تطبيق المعطيات العلمية وطرق الإنتاج. ولكي يتم وضع القاعدة الأساسية الاجتماعية والبشرية لتطور العلوم والتكنولوجيا محلياً، يجب أن يمس الإنتاج الصناعي حياة الغالبية العظمى من السكان التي يتوقف عليها تطور المجتمع. والطريق الرئيسي لتحقيق التقدم في مجالات العلم والتكنولوجيا والإنتاج الصناعي هو البحث العلمي. ولقد قامت مؤسسات وطنية كثيرة من ضمنها سلطة المصادر الطبيعية والجمعية العلمية الملكية والجامعة الأردنية وحالياً المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا بأبحاث عديدة في مجال تقييم الثروات المعدنية، ولا تزال الحاجة ملحة إلى التركيز على الصناعات الاستخراجية.

ويستعرض هذا الكتاب أهم الأبحاث العلمية التي تمت على المعادن والصخور الصناعية في الأردن منذ بدءها حتى تاريخ صدوره. والكتاب مقسم إلى ثمانية عشر فصلاً وهو تجربة متواضعة أضعها بين يدي الطلبة والعاملين في الجيولوجيا والمهتمين في هذا البلد، آملاً أن يسهم في نشر المعرفة لما فيه خير هذا الوطن.

والله ولي الأمر والتوفيق.

المحتويات

الصفحة	الموضوع
١٥	فهرس الأشكال
٢١	فهرس الجداول
٢٣	الفصل الاول
٢٤	جغرافية الأردن جيولوجيته :
٢٤	جغرافية الأردن
٢٤	جيولوجية الأردن
٣٧	الفصل الثاني
٣٨	النحاس والمنغنيز :
٣٨	الطبقات الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز
٤٤	تراكيب المناطق الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز
٤٥	أشكال خامات النحاس والمنغنيز وتركيبها المعدني
٤٦	كيماءية الصخور الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز وبتروlogيتها
٤٩	نشأة رواسب النحاس والمنغنيز في وادي عربة
٥٤	المراجع.
٥٥	الفصل الثالث
٥٦	الحديد :
٥٦	خامات الحديد في منطقة عجلون
٦٠	خامات الحديد في شمالي الأردن وغربيه
٦٤	المراجع.
٦٥	الفصل الرابع
٦٦	الفوسفات :
٦٦	عرض موجز للدراسات التي تمت عن الفوسفات الأردني
٦٧	جيولوجية الطبقات الحاملة للفوسفات
٧٣	التركيب المعدني والكيماءوي لخامات الفوسفات
٧٥	نشأة رواسب الفوسفات الأردني
٨١	المراجع.

١٣٢	الجبس في جنوبي الأردن
١٣٤	الجبس في الأزرق
١٣٦	المراجع.
١٣٧	الفصل العاشر
١٣٨	الفيلدسبار:
١٣٨	الصخور الجرانيتية في جنوبي الأردن
١٤٢	المراجع.
١٤٣	الفصل الحادي عشر
١٤٤	التريبولي :
١٤٤	جيولوجية الطبقات الحاملة لخامات التريبولي
١٤٩	التركيب المعدني
١٥٥	نشأة رواسب التريبولي
١٥٨	المراجع.
١٥٩	الفصل الثاني عشر
١٦٠	الرخام:
١٦٠	جيولوجية مناطق الرخام
١٦١	التركيب المعدني والكيميائي
١٦٩	نشأة الرخام في الأردن
١٨٥	أهمية الرخام الأردني
١٨٧	المراجع.
١٨٩	الفصل الثالث عشر
١٩٠	الترافرتين:
١٩٠	الترافرتين في منطقة يتابع الزرقاء ماعين
١٩٠	رواسب الترافرتين
١٩٣	نشأة رواسب الترافرتين
١٩٧	الترافرتين في خان الزبيب
٢٠٠	نشأة الترافرتين في خان الزبيب
١٩٩	المراجع.

٢٠١	الفصل الرابع عشر
٢٠٢	أحجار البناء :
٢٠٢	حجر البناء الأردني
٢٠٢	الركام
٢٠٣	الحجر الرملي
٢٠٣	أحجار الزينة
٢٠٤	أحجار الصناعة
٢٠٤	المراجع .
٢٠٥	الفصل الخامس عشر
٢٠٦	الملح والبوتاس الصخري وأملاح البحر الميت :
٢٠٧	نبذة عن البحر الميت
٢٠٧	جيولوجيا البحر الميت
٢٠٧	الخواص الكيماوية للبحر الميت
٢٠٩	انتاج البوتاس
٢١٢	المراجع .
٢١٣	الفصل السادس عشر
٢١٤	الصخر الزيتي :
٢١٦	أماكن وجود الصخر الزيتي
٢١٦	جيولوجية طبقات الصخر الزيتي
٢١٨	التركيب المعدني والكيماوي
٢١٨	نشأة الصخر الزيتي
٢٢٠	المراجع .
٢٢١	الفصل السابع عشر
٢٢٢	رمال القار :
٢٢٢	جيولوجيا الطبقات الحاملة للقار
٢٢٢	التركيب المعدني والكيماوي لرمال القار
٢٢٤	نشأة المواد الهيدروكربونية في الصخور الرملية
٢٢٤	المراجع .

المعادن المشعة في الأردن :

٢٢٦

١. اليورانيوم

٢٢٦

أهمية اليورانيوم في الفوسفات الأردني

٢٢٩

٢. الثوريوم

٢٢٩

٣. الراديوم

٢٣١

المراجع :

٢٣١

المراجع باللغة العربية

٢٣٢

المراجع باللغة الانجليزية

٢٣٣

فهرس الأشكال

٢٥	خريطة جيولوجية مبسطة تبين الأحقاب الجيولوجية.	شكل ١-١
٣٩	مواقع خامات النحاس والمنغنيز على طول وادي عربة.	شكل ١-٢
٤٠	التغيرات الصخرية على طول وادي عربة.	شكل ٢-٢
٤١	مضاهاة بين الصخور في مناطق ضانا وتمنا.	شكل ٢-٣
٤٣	العلاقة بين النظائر الثابتة للكربون والأكسجين لعينات كربوناتية من وادي عربة.	شكل ٢-٤
٤٧	صورة مجهرية لخامات المنغنيز التي تملأ الشقوق وتنتشر على حساب الأرضية الطينية.	شكل ٢-٥
٤٧	صورة مجهرية لخامات النحاس والمنغنيز التي تنتشر على حساب الأرضية الناعمة.	شكل ٢-٦
٤٨	صورة مجهرية لخامات النحاس والمنغنيز وتظهر مترسبة في الشقوق والفراغات.	شكل ٢-٧
٤٨	صورة مجهرية لخامات النحاس والمنغنيز في الدولومايت تبين عدة مراحل للاحلل وإعادة تكوين الدولومايت المعيني الشكل.	شكل ٢-٨
٥٢	نموذج يبين ترسيب خامات النحاس والمنغنيز والحديد خلال تقدم البحر على طول وادي عربة وانحساره.	شكل ٢-٩
٥٧	أماكن وجود الحديد في الأردن.	شكل ٣-١
٥٨	مقطع جيولوجي في منطقة ورده يوضح توضع خامات الحديد.	شكل ٣-٢
٦١	مقطع جيولوجي في منطقة غرب عمان.	شكل ٣-٣
٦٢	مقاطع جيولوجية في منطقة غرب عمان.	شكل ٣-٤
٦٣	التراكيب الانضغاطية في شمالي الأردن.	شكل ٣-٥
٦٨	خارطة تبين مواقع خامات الفوسفات في الأردن.	شكل ٤-١
٦٩	مقطع جيولوجي في منطقة الرصيفة.	شكل ٤-٢
٧٠	مقطع جيولوجي في منطقة الحسا - الأبيض.	شكل ٤-٣
٧١	مقطع جيولوجي في منطقة الشدية.	شكل ٤-٤
٧٢	مقطع في منطقة وادي السموع (شمالي الأردن).	شكل ٤-٥
٧٧	رسم يمثل العلاقة بين تركيز اليورانيوم ووحدة الطول a_0	شكل ٤-٦
٧٨	نموذج يبين صعود التيارات الباردة الغنية بالفوسفات.	شكل ٤-٧

٧٩	خريطة تمثل انتشار بحر التيش خلال أواخر العصر الطباشيري العلوي.	شكل ٤ - ٨
٨٤	أماكن وجود الباريت في الأردن.	شكل ٥ - ١
٨٩	شكل توضيحي يبين الوضع الطبقي لتكوين اللسان في منطقة دامية.	شكل ٦ - ١
٩٣	خريطة تبين مواقع خامات المعادن الطينية الاقتصادية.	شكل ٧ - ١
٩٥	مقطع عمودي في منطقة ماحص.	شكل ٧ - ٢
٩٦	مقطع عمودي في منطقة غوركبد.	شكل ٧ - ٣
٩٧	بيئة الترسيب لصخور الطباشيري الأسفل.	شكل ٧ - ٤
٩٨	صورة مجهرية تبين المراحل المختلفة لعمليات التجوية فيلدسبار - ميك - كاولينيت.	شكل ٧ - ٥
٩٨	صورة مجهرية تبين آثار الفيلدسبار وبقايا الكوارتز بعد تكوين الكاولينيت الناتج من عمليات التجوية الكيماوية.	شكل ٧ - ٦
٩٩	صورة مجهرية تبين المعادن الثقيلة: الزركون والروتايل والتورمالين والمعادن المعتمدة من وحدة الحجر الرملي الكربني.	شكل ٧ - ٧
١٠١	سجل الأشعة السينية الحيودية للمعادن الطينية من منطقة ماحص.	شكل ٧ - ٨
١٠٢	السلوك الحراري للكاولينيت من منطقة ماحص.	شكل ٧ - ٩
١٠٣	طيف الأشعة تحت الحمراء للكاولينيت من ماحص.	شكل ٧ - ١٠
١٠٤	صورة بالمجهر الإلكتروني تبين الشكل السداسي الكائيب للكاولينيت ونمو بلورات الكاولينيت الصغيرة داخل بلورات الميكا الأكبر.	شكل ٧ - ١١
١٠٤	صورة بالمجهر الإلكتروني تبين بلورات الهالوزيت الأسطوانية الشكل مع الكاولينيت والأكيت.	شكل ٧ - ١٢
١٠٥	صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين النسيج عالي المسامية في العينات الطينية.	شكل ٧ - ١٣
١٠٥	صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين نمو بلورات الكاولينيت وجهاً لوجه على أسطح معادن المسكوفيت - إليت.	شكل ٧ - ١٤
١٠٧	بلورات ألونائيت معينة الشكل من غوركبد.	شكل ٧ - ١٥
١٠٨	منخفض الأزرق واتجاه المياه المغنية.	شكل ٧ - ١٦
١١١	نتائج تحاليل الأشعة السينية الحيودية لعينات طينية مشبعة بالجلسرين حيث تظهر الانعكاسات القاعدية لمعدن مختلط الطبقات إليت / سميكتيت.	شكل ٧ - ١٧

شكل ٧-١٨	صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين طبيعة المعادن الطينية من منطقة الأزرق حيث تظهر بوضوح عمليات نمو للمعادن الطينية بعد الترسيب.	١١٢
شكل ٧-١٩	مقطع عام يمثل التتابع الطبقي في منطقة بطن الغول.	١١٣
شكل ٧-٢٠	صورة مجهرية تبين نمو بلورات المسكوفيت باتجاهات شبه متوازية على حساب الأرضية والمعادن غير الطينية.	١١٥
شكل ٧-٢١	نتائج دراسة الأشعة السينية الحيوية لبعض العينات الطينية من منطقة بطن الغول.	١١٦
شكل ٧-٢٢	نسبة المعادن في أحد الآبار المحفورة في منطقة بطن الغول.	١١٧
شكل ٧-٢٣	السلوك الحراري للمعادن الطينية لبعض العينات في منطقة بطن الغول.	١١٨
شكل ٧-٢٤	صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح للمعادن الطينية من منطقة بطن الغول.	١١٩
شكل ٨-١	مقطع جيولوجي عام في منطقة رأس النقب.	١٢٧
شكل ٨-٢	نتائج التحليل الميكانيكي لعينة تمثل الرمل الزجاجي في رأس النقب.	١٢٧
شكل ٩-١	مقطع يبين صخور الترياسي المكتشفة في منطقة التقاء وادي العزب ووادي الهونة مع نهر الزرقاء.	١٢٨
شكل ٩-٢	مناطق دراسة الجبس في جنوبي الأردن.	١٢٣
شكل ٩-٣	مضاهاة رواسب الجبس في مناطق جنوبي الأردن.	١٢٤
شكل ٩-٤	بيئة الترسيب القديمة لنطاقات الجبس في جنوبي الأردن.	١٣٥
شكل ١٠-١	خريطة توضح امتداد الصخور النارية في جنوبي الأردن.	١٣٦
شكل ١٠-٢	خريطة توضح أماكن وجود الجرانيت القلوي.	١٣٩
شكل ١١-١	أماكن وجود رواسب التريبولي في الأردن.	١٤٠
شكل ١١-٢	ترابط الوحدات الصخرية المختلفة من شمال الأردن الى جنوبيه.	١٤٥
شكل ١١-٣	مقطع عام يبين وجود التريبولي في وحدة الحجر الجيري السيليسي.	١٤٦
شكل ١١-٤	أشكال مختلفة لأماكن خامات التريبولي في الطبقات المصاحبة في الأردن.	١٤٨
شكل ١١-٥	بقايا لحفرية تم احلالها كلياً بواسطة التريبولي.	١٤٩
شكل ١١-٦	صورة مجهرية تبين احلال السيليكا (التريبولي) محل الحجر الجيري وتظهر بقايا الحجر الجيري بشكل غير منتظم.	١٥٠

١٥١	صورة مجهرية للتريبولي (احلال كامل).	شكل ١١-٧
	رسم يبين العلاقة بين اجمالي النسب المئوية لمحتويات التريبولي من	شكل ١١-٨
١٥٢	الكر بونات والسيليكا والمسافة بالاستيمترات من مركز العينة.	
	نتائج صور الأشعة السينية لعينتين من التريبولي مأخوذتين من	شكل ١١-٩
١٥٣	منطقة الكرك والزرقاء تبينان معدن الكوارتز كمكون أساسي.	
	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح تبين الكوارتز كامل الأوجه مع	شكل ١١-١٠
١٥٤	السيليكا متبلورة على شكل أو بال - سي تي يعتقد بأنها المرحلة قبل	
	تكوين الكوارتز كامل الأوجه.	شكل ١١-١١
	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح تبين الكوارتز كامل الأوجه مع	
١٥٥	سيليكا وكالسيت مستقر التبلور.	شكل ١١-١٢
	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح تبين الكوارتز كامل الأوجه	شكل ١١-١٢
١٥٦	والمكون الأساسي للتريبولي الأردني.	
	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح تبين الكوارتز والأوبال - سي	شكل ١١-١٣
١٥٦	تي المكون الأساسي للبورساليينيت.	
١٦٢	خريطة تبين أماكن وجود الرخام في الأردن.	شكل ١٢-١
	مقطع جيولوجي عام في منطقة ضبعة - سواقة يبين توضع الرخام	شكل ١٢-٢
١٦٣	بالنسبة للصخور الأخرى.	
	مقطع جيولوجي عام في منطقة صويلح يبين توضع الرخام.	شكل ١٢-٣
١٦٤	مقطع جيولوجي عام في منطقة المقارن يبين توضع الرخام.	شكل ١٢-٤
١٦٥	عينة أسطوانية تبين المعادن منخفضة الحرارة مألثة للفراغات ونامية	شكل ١٢-٥
١٧٠	على حساب الرخام.	
	صورة مجهرية تبين معادن الكالسيت والباتيت المتبلور في الرخام.	شكل ١٢-٦
١٧١	صورة مجهرية تبين معدن الأباتيت المتبلور من رخام صويلح.	شكل ١٢-٧
	صورة مجهرية تبين معدن لونا لايت على شكل دوائر مصاحب	شكل ١٢-٨
١٧٢	لأوبال - أ من منطقة المقارن.	
	صورة مجهرية لمعدن أو بال - سي تي المكون الأساسي لأطوار السيليكا	شكل ١٢-٩
١٧٢	المونة من منطقة ضبعة.	
	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعدن الأباتيت من ضبعة.	شكل ١٢-١٠
١٧٣	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعدن الكالسيت من ضبعة.	شكل ١٢-١١

شكل ١٢-١٢	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح للأترنجيت - ثوماسيت (احلال كامل) من منطقة ضبعة وتظهر معها بلورات تو بيرموريت.	١٧٤
شكل ١٢-١٣	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لبلورات ليفية من التوبيرموريت من منطقة ضبعة.	١٧٤
شكل ١٢-١٤	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لبلورات من الباسانيت والانهيدرايت مع بلورات ليفية من التوبيرموريت (ضبعة).	١٧٥
شكل ١٢-١٥	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لبلورات من الجبس من منطقة ضبعة مع معادن طينية.	١٧٥
شكل ١٢-١٦	صورة تحت المجهر الإلكتروني لصفائح البورتلانديت مرتبة على شكل ابري من منطقة المقارن.	١٧٦
شكل ١٢-١٧	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعدن الأوبوفيليت من منطقة ضبعة.	
شكل ١٢-١٨	صورة ممثلة لظاهرة التركيب التشقي في الرخام نتيجة التمدد والتقلص.	١٧٧
شكل ١٢-١٩	العلاقة بين النظائر الثابتة (المستقرة) للأوكسجين والكربون في عينات الرخام الأردني.	١٧٨
شكل ١٢-٢٠	الصواعد والهوابط المترسبة من المياه القلوية في أحد الانفاق في منطقة المقارن.	١٨٤
شكل ١٣-١	خريطة جيولوجية لمنطقة زرقاء ماعين.	
شكل ١٣-٢	مقطع جيولوجي لمنطقة الزرقاء - ماعين تبين أماكن وجود الترافرتين.	١٩١
شكل ١٣-٣	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لرواسب الترافرتين الحديث.	١٩٢
شكل ١٣-٤	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لرواسب الترافرتين الحديث ذات الأشكال العنقودية الشعاعية.	١٩٤
شكل ١٣-٥	صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لبلورات الأراجونيت السداسية الكاذبة المكونة للترافرتين الحديث.	١٩٥
شكل ١٣-٦	صورة مجهرية للترافرتين من خان الزبيب حيث يظهر الأوبال - سي تي كمكون أساسي، ويبدو معدن لونايت (أبيض) الى الخارج محيطاً بالكالسيدوني.	٢٠٠
شكل ١٥-١	خريطة البحر الميت تبين أعماق النقاط المختلفة.	٢٠٨

٢١٥	خريطة تبين أماكن وجود الصخر الزيتي في الأردن.	شكل ١٦-١
٢١٧	مقطع جيولوجي عام في وسط الأردن يبين وضع الحجر الجيري البيتيوميني.	شكل ١٦-٢
٢١٩	بيئة الترسيب للصخر الزيتي في الأردن.	شكل ١٦-٣
٢٢٣	خريطة جيولوجية تبين أماكن تكشف صخور القار في وادي عسال ووادي أحيمر ووادي الذراع.	شكل ١٧-١
٢٢٧	خريطة تبين نتائج المسح الجوي للأردن وأماكن تركيز العناصر المشعة بقياس شدة إشعاع جاما.	شكل ١٨-١
٢٢٨	العلاقة بين تركيز اليورانيوم والفوسفات في مناطق وسط الأردن.	شكل ١٨-٢
٢٣٠	مقطع جيولوجي تحت سطحي يمثل طبقات الفوسفات في المنطقة الواقعة بين سواقة وجرف الدراويش.	شكل ١٨-٣

فهرس الجداول

٢٦	التسميات المختلفة للطبقات الجيولوجية في الأردن.	جدول ١ - ١
٥٠	التركيب الكيماوي للعناصر الأساسية من وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال.	جدول ١ - ٢
٥٠	التركيب الكيماوي للعناصر الشحيحة من وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال.	جدول ٢ - ٢
٥٨	معدل التركيب الكيماوي لعينات حديد من منطقة وردة.	جدول ١ - ٣
٦٤	التركيب الكيماوي لعينات الحديد من منطقة غرب عمان.	جدول ٢ - ٣
٧٤	معدل التركيب الكيماوي لخامات الفوسفات في المناطق المختلفة من الأردن.	جدول ١ - ٤
٧٥	المعادلات التركيبية لأنواع مختلفة من الفرانكوليت الأردني.	جدول ٢ - ٤
٧٦	التركيب الكيماوي للأنواع المختلفة من الفوسفات الأردني المسوق.	جدول ٣ - ٤
١٠٠	توزيع أكسيد اليورانيوم في بعض مناطق الفوسفات الأردني.	جدول ٤ - ٤
١٠٠	معدل التركيب الكيماوي للأكاسيد المكونة لخامات الكاولينيت من ماحص.	جدول ١ - ٧
١٠٠	معدل التركيب الكيماوي للعناصر الشحيحة لخامات الكاولينيت من ماحص.	جدول ٢ - ٧
١٠٩	التركيب الكيماوي لعينات طينية من منطقة الأزرق.	جدول ٣ - ٧
١٢٠	معدل التركيب الكيماوي لعينات طينية من ثلاث آبار محفورة في منطقة بطن الغول.	جدول ٤ - ٧
١٢٠	التركيب الكيماوي لعينات طينية من مناطق الفجيج والرشادية.	جدول ٥ - ٧
١٢٩	نتائج التحليل الكيماوي للحجم (١٠٠ - ٦٣٠) ميكرون من عينة ممثلة للرمال الزجاجي من رأس النقب.	جدول ١ - ٨
١٤١	التركيب الكيماوي للجرانيت القلوي من جبل الغفران.	جدول ١ - ١٠
١٦٧	المعادن التي تم التعرف عليها من مناطق الرخام الأردنية.	جدول ١ - ١٢
١٧٩	التركيب الكيماوي لثلاثة أنواع من رخام ضبعة.	جدول ٢ - ١٢
١٨٠	العناصر الشحيحة في ثلاثة أنواع من رخام ضبعة.	جدول ٣ - ١٢
١٨١	التركيب الكيماوي لمعدن ثوماسيت يبين الاحلال مع معدن أترنجيت من منطقة المقارن.	جدول ٤ - ١٢

١٨١	التركيب الكيماوي لمادة غير متبلورة صفراء من المقارن.	جدول ١٢ - ٥
١٨٣	التركيب الكيماوي للمياه القلوية من المقارن.	جدول ١٢ - ٦
١٨٤	العناصر الشحيحة في المياه القلوية من منطقة المقارن.	جدول ١٢ - ٧
١٩٦	العناصر المستقرة في عينات الأراجونيت من مناطق الزرقاء ماعين - البحر الميت.	جدول ١٣ - ١
١٩٦	التركيب الكيماوي لمياه الينابيع الحارة في منطقة الزرقاء ماعين.	جدول ١٣ - ٢
١٩٧	التركيب الكيماوي الفرضي لمياه الينابيع الحارة القديمة في منطقة الزرقاء ماعين.	جدول ١٣ - ٣
١٩٨	تركيز النظائر المستقرة في مياه الينابيع الحارة من منطقة الزرقاء ماعين.	جدول ١٣ - ٤
١٩٩	التركيب الكيماوي لمعدن الفولكونسكويت الأردني والروسي.	جدول ١٣ - ٥
٢١٠	النسب المئوية الوزنية للأملاح الرئيسية الموجودة في مياه البحر الميت.	جدول ١٥ - ١
٢١٠	العناصر الشحيحة في مياه البحر الميت (ملغم / لتر)	جدول ١٥ - ٢
٢١٠	كميات الأيونات الرئيسية المذابة في مياه البحر الميت (مقاسه بآلاف ملايين الأطنان = بلايين الأطنان)	جدول ١٥ - ٣
٢١١	الملوحة وكمية الأملاح في الكتل المائية في البحر الميت.	جدول ١٥ - ٤
٢١٨	تركيز العناصر الشحيحة في الصخر الزيتي من شمالي الأردن ووسطه.	جدول ١٦ - ١

الفصل الأول

جغرافية الأردن جيولوجيته

جغرافية المملكة الأردنية الهاشمية

يقع الأردن بين خطوط ١١°٢٩' - ٣٢°٣٢' شمالاً و ٥٩°٣٤' - ٣٩°١٢' شرقاً وتبلغ مساحته ٩٥٠٠٠ كم^٢. وصيفه بشكل عام حار وشتاؤه بارد. وفي حين يسود المناخ الصحراوي البادية شرقاً تتمتع المرتفعات الجبلية بمناخ البحر الأبيض المتوسط ذي الصيف المعتدل والشتاء البارد، أما منطقة الأغوار فمناخها شبه مداري حار صيفاً ودافئ شتاءً. وتبلغ كمية الأمطار السنوية ما يزيد على ٤٠ سم في عمان وأربد إلا أن هذه الكمية تنخفض إلى نحو ٥ سم في المناطق الصحراوية.

هذا وتعتمد المرتفعات من الشمال إلى الجنوب. وتقسم إلى قسمين يفصل بينهما الأخدود الأردني (الأغوار). ومرتفعات الأردن الشرقية أكثر ارتفاعاً من الغربية، وهي تضم من الشمال إلى الجنوب جبال عجلون، وتمتد من نهر اليرموك شمالاً حتى نهر الزرقاء جنوباً، تليها جبال البلقاء التي تمتد من نهر الزرقاء شمالاً حتى وادي حسيبان جنوباً، ثم جبال مؤاب التي تمتد من وادي حسيبان شمالاً حتى وادي الحسا جنوباً، وأخيراً جبال الشراة في الجنوب.

أما الأخدود الأردني (الأغوار) فهو جزء من الأخدود الإفريقي العظيم الممتد من سواحل شرقي إفريقيا حتى سواحل جنوبي تركيا. ويمتد الأخدود الأردني من التقاء نهر اليرموك بنهر الأردن شمالاً وحتى خليج العقبة جنوباً (٣٧٠ كم). وتقع في هذا الأخدود أخفض نقطة على سطح الأرض وهي البحر الميت الذي يبلغ مستواه ٤٠٠ م دون مستوى البحر تقريباً، ويطلق على الجزء الجنوبي من الأخدود وادي عربة.

أما البادية الأردنية فهي هضبة متوسطة الارتفاع، تقسم إلى ثلاث مناطق، وهي بادية حسمى (تمتد من رأس النقب وحتى السعودية) ومن أبرز معالمها وادي رم وجبل رم وجبل أم عشرين، والجزء الثاني أرض الحماة وتمتد بين رأس النقب حتى الحدود العراقية في الشمال الشرقي، والقسم الثالث أراضي الحرة وهي جزء من حرة بادية الشام التي تمتد في جنوب غربي سوريا عبر شمال شرقي الأردن، وهي منطقة بركانية.

جيولوجية الأردن

يبين شكل ١ - ١ خريطة جيولوجية مبسطة تظهر توزيع الأحقاب الجيولوجية في الأردن حيث تغطي الصخور الرسوبية مساحات شاسعة. وتمثل صخور حقبة ما قبل الكامبري النارية الحامضية الجزء الجنوبي الغربي من البلاد. ويغطي البازلت مساحات شاسعة من الجزء الشمالي الشرقي. وتكون الصخور الرسوبية في مناطق عديدة أفقية تقريباً تصبح معقدة باتجاه الأغوار حيث تظهر آثار الصدوع والطبقات التي تصبح رأسية وحتى مقلوبة في بعض الأماكن.

جدول (١ - ١) التسميات المختلفة للطبقات الجيولوجية في الأردن

Geological Time Scale			Group	Stage or Formation	VARIOUS NOMENCLATURES OF LITHOSTRATIGRAPHIC SUCCESSIONS OF JORDAN			
ERA	Period	EPOCH			General (1950)	Wazir (1956)	Bandar 1974	Agar
CENOZOIC	Quaternary	RECENT	JORDAN VALLEY	ALLUVIUM	11 RECENT	الكلية	NEOLITHIC	NEOLITHIC
	TERTIARY	PLISTOCENE		LISAN	10 LISAN SERIES	LISAN MARL	LISAN & GHOR EL KATAR SERIES	JAFAR
		PLIOCENE		SAHRAT NEGENE	9 NEGENE UNDIFFERENTIATED	USDOM SERIES	SYNTECTONICAL CONGLOMERATES	SIRHAN DAMA
		MIOCENE						BASALT
		OLIGOCENE						
		Eocene		RIJAH / FALU	Eocene	SARA CHALKY & PLINT FORMATION	Chalky and BULL'S HEAD FORMATION	B5 WADI SHALLALA
	CRETACEOUS	PALEOCENE			PALEOCENE	TADITA MARL FORMATION	Chert Limestone Unit	B4 RIJAH
		MAESTRICHT		HWARJAR	MAESTRICHT	SHARED CHALK FORMATION	CHALK - MARL UNIT	B3 HWARJAR
		KAMPAH		AMMAN	KAMPAH	HISHAKH FLINT	Phospherite Unit	B2 AMMAN
		SANTON CONIAH		RUSEIFA	SANTON	HALEMA CHALK	SHARDED Limestone Unit	B1 Wadi Ghudran
MESOZOIC	CRETACEOUS	THUROAH	AJLUN	SHUEIB	TUROHAIH		Massive or Sandy Limestone Unit	A7 WADI SIR
		ENDOMAMAH		HURHAR	ENDOMAMAH		Eckinoid Limestone Unit	A5-6 SHUEIB
		FUMUS		FUMUS			Nodular Limestone Unit	A4 HURHAR
		NAUR		NAUR				A3 FUMUS
	JURASSIC	ALBIAH	KURNUB	SUBZEH (K ₂)	KURNUB		Verticillated Sandstone Unit	K2 SUBZEH
		ADATIAN					Massive White Sandstone Unit	K1 AARDA
		BARREKIAN						
		HAUTERIVIAN						
PALEOZOIC	JURASSIC	VAL ANGHIAN	ZARQA	WUHI (Z ₂)	WUHI (Z ₂)		Limestone, Dolomitic Limestone Unit	Z ₂ AZAB
		POITIAH					Sepiolite Sandstone and Dolomitic Sandstone Unit	
		CHERTHOAN						
		LUSITANIAN						
	MISSISSIPPIAN	COALOMAN	ZARQA	MAH (Z ₄)	MAH (Z ₄)		Unconformity Surface and Nodular Limestone	Z ₄ MAH
		BATHONIAN						
		OKFUTIAN						
		LIASSIC						
	PERMIAN	KEUPER	ZARQA					
		MUSCHELKALK						
		BUNTSANDSTEN						
PALEOZOIC	PERMIAN	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
	DEVON	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
	SILUR	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
PALEOZOIC	ORDOV	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
	V. CAMP.	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
	M. CAMP.	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
PALEOZOIC	L. CAMP.	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
	LIPALIAN INTERVA	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
	LATE PRE-CAMBRIAN	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
PRE CAMBRIAN	EARLY PRE-CAMBRIAN	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						
	CAMBRIAN ARCHAEAN	?	ZARQA					
		?						
		?						
		?						

وتطغى الصخور الرسوبية الرملية غير البحرية على الجزء الجنوبي من الأردن بينما تطغى الصخور الرسوبية الجيرية البحرية على الجزء الشمالي والشمالي الغربي منه. وقد كانت خطوط الشاطئ تتذبذب شمالاً وجنوباً وذلك منذ زمن طويل، وترتب على ذلك تعاقب الرواسب البحرية والقارية، وقد كان أكبر انتشار للبحر في العصرين الطباشيري الأعلى والأيوسين حيث ترسب ما يزيد على ٤٠٠ م من الحجر الجيري والطفال والصوان والفوسفات والصخر الزيتي.

وقد كتب كثير من الباحثين عن جيولوجيا الأردن ومن بينهم

(١٦، ١٤، ١٣، ١٢، ١٠، ٩، ٨، ٧، ٦، ٥، ٤، ٣، ٢، ١)

Blake, 1930; Blanckenhorn, 1896; Hull, 1886; Iartet, 1869;

Blake and Ionides, 1939; Blake, 1936;

Burdon, 1959; Quennell, 1951; Picard, 1941;

Abed, 1982; Bender, 1975; Wetzel and Morton, 1959.

كما قامت البعثة الجيولوجية الألمانية بنشر الكثير من الأبحاث والتقارير في الفترة التي عملت بها بين ١٩٦١ - ١٩٦٦. وتقوم سلطة المصادر الطبيعية حالياً بمسح جيولوجي ورسم خرائط جيولوجية مفصلة للأردن مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠.

ويبين جدول رقم (١ - ١) ملخصاً للتسميات الطباقية المختلفة في الأردن كما وردت من قبل كثير من الباحثين. وفيما يلي ملخص لجيولوجيا الأردن، اقتبس جزء منه من (١) Abed, 1982.

حقب ما قبل الكامبري Precambrian

تتكشف صخور حقب ما قبل الكامبري في أقصى جنوبي الأردن وفلسطين وسيناء، وتستمر في الكشف شمالاً على شكل ممر ضيق على الحافة الشرقية لوادي عربة، وعلى الرغم من أن هذا الممر يتلاشى جنوباً غرباً إلا أنه يعود مرة أخرى إلى الانكشاف شرقي النهاية الجنوبية للبحر الميت متمثلاً في صخور كونجولوميرات السرموج. ويمتد إلى الشرق والشمال الشرقي للمعربة حتى منطقة القويرة ووادي رم، ويختفي تماماً تحت الرسوبيات الأحدث عمراً.

وتنقسم صخور القاعدة في الأردن إلى ثلاثة أقسام -

١. الصخور المتحولة:

وتتكون أساساً من الناييس والشيست، وقد بين (١١) Jarrar, 1985 بأن الصخور المتحولة من أصل رسوبي metasediments توجد في وادي الحور (نطاق الشثوروليت - أندلوسيت) ووادي أم سيالة (نطاق انتقالي بين درجة التحول المتوسط والعالي و يتميز بوجود

الجارنت) ووادي أبو برقة (نطاق السيلاميثيت) والصخور المتحولة من أصل ناري Igneous origin توجد بكثرة في وادي أبو برقة، ولقد تم معرفة ثلاثة أحداث رئيسية مسؤولة عن تكون هذه الصخور المتحولة :-

١ (التحول الاقليمي متوسط-عالي الدرجة (٧٥٠ - ٨٠٠ مليون سنة)

ب (التحول الديناميكي (٦٢٥ - ٦١٠ ملايين سنة)

ج (التحول الحراري التنازلي (٦١٠ - ٥٧٥ مليون سنة)

ومما يجدر ذكره أن صخور القاعدة النارية تتميز بانخفاض نسبة نظائر $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ المميزة للدرع العربي النوبي.

٢. الصخور الفارية :

وتتكون أساساً من الجرانيت بأشكاله المختلفة والأبلايت والبيجماتيت والجرانوديوريت والكوارتزديوريت والهورنبلنديت إضافة إلى القواطع الحامضية (أبلايت جرانيت وبيجماتيت وكوارتزبورفيريت) والقواطع القاعدية (ديابيز).

٣. كونجلوميرات السرموج والأردواز والجروك

Sarmuj conglomerates, slate and graywackes.

وتتكشف الكونجلوميرات في وادي السرموج الذي يقع شرق غور الصافي وبالقرب من وادي أبو برقة ومن المرشش (ايلات) وفي قاع جبل هارون جنوب غرب البتراء. وتتكون الكونجلوميرات من حبات جيدة الاستدارة متعددة الألوان مكونة من صخور نارية ومتحولة تمثل تركيب صخور القاعدة، ويعلو صخور الكونجلوميرات صخور الأردواز والجروك التي تصل سماكتها إلى ٢٠٠ م في وادي أبو برقة.

حقب الحياة القديمة Paleozoic

تعلو صخور هذه الحقب صخور القاعدة النارية والمتحولة بشكل غير متوافق، وتنتشر في جنوبي الأردن وجنوب شرق رأس النقب وعلى الجانب الشرقي لوادي عربة. وتتكشف هذه الصخور أيضاً في شمال شرق البحر الميت عند مصب مياه زرقاء ماعين. وتقطع صخور الكوارتز بورفيريت البركانية صخور الكامبري الرملية. ولقد أطلق سابقاً اسم الحجر الرملي النوبي على هذه الصخور لصعوبة تقسيمها إلى عصور مختلفة، وكما هو مبين في الجدول رقم (١ - ١) فإن صخور حقب الحياة القديمة مقسمة إلى وحدات صخرية مختلفة، وسوف نستعرض فيما يلي التقسيم الذي تبناه المؤلف.

* العصر الكامبري Cambrian

وتتكشف صخور هذا العصر على طول الجانب الشرقي لوادي عربة وحتى البحر الميت وتتكون من الأسفل إلى الأعلى من :-

—وحدة الحجر الرملي الأركوزي المتطبق **Bedded Arkosic Sandstone Unit**
وتتكشف في منطقة قاع أم سلب وفي وديان رم ورمان و يعلو صخور القاعدة
أوكونجوميترات الأساس.

—وحدة الحجر الرملي الناعم الأبيض **White Fine Sandstone Unit**
وتبلغ سماكته حوالي ١١٠ م في الجزء الشمالي من وادي عربة، و بيئة الترسيب في هذه
الوحدة بحرية، وتقطعها في وادي أبو خشبية صخور الكوارتز بورفيرى.

—وحدة الحجر الجيري — الدولومايت — الطفال **Dolomite Limestone Shale Unit**

تزداد سماكة هذه الصخور شمالا في منطقة جنوب البحر الميت وتبلغ أكثر من ٥٠ م.
و يصبح الطفال أخضر اللون جيد التطبق يحتوي على آثار مستحاثات و يعلوه الحجر الرملي
ثم الدولومايت في حين تتداخل هذه الصخور مع وحدة الحجر الرملي الناعم الأبيض كلما
اتجهنا الى الجنوب، وتتبع هذه الصخور الجزء العلوي من العصر الكامبري الأسفل والأوسط.

—وحدة الحجر الرملي الكتلي بني التجوية

Massive Brownish Weathered Sandstone

وتبلغ سماكتها في الحد الأقصى حوالي ٣٤٠ م وتتميز بلونها البني المحمر. وتتكون
أساساً من معدن الكوارتز، كما يوجد الفيلدسبار في الجزء السفلي من الوحدة. وتتبع هذه
الصخور عصر الكامبري الأعلى.

★ العصر الأوردوفيشي **Ordovician**

وتتكون صخور هذا العصر من الأسفل الى الأعلى من الوحدات التالية : —

—وحدة الحجر الرملي الكتلي أبيض التجوية

Massive Whitish Weathered Sandstone

وتمتد هذه الصخور من رأس النقب وحتى قاع الديسي الى جبل أم سهم على الحدود
السعودية، وتبلغ سماكة هذه الصخور حوالي ٣٦٠ م. وتتكون من حجر رملي كوارتزي أبيض،
وهي تتبع عصر الأوردوفيشي.

—وحدة الحجر الرملي المتطبق بني التجويه

Bedded Brownish Weathered Sandstone Unit

تبدأ هذه الصخور من رأس النقب وحتى جبال أم سهم وتبلغ سماكتها حوالي ٢٦٠ م،
وتتكون أساساً من الحجر الرملي الكوارتزي، وهي تتبع العمر الأوردوفيشي الأسفل.

—وحدة الحجر الرملي الجرابتوليتي

Graptolitic Sandstone Unit

وتتكون صخور هذه الوحدة من طفال صلب ملون وحجر رملي كوارتزي وتتميز بوجود الجرابتوليت من عمر لانفرن أسفل Lower Llanvirn

—وحدة حجر رمل سابالاريكس

Sabalariifex Sandstone Unit

وتتكون هذه الوحدة من صخور الحجر الرملي والطيني الغني بأنابيب سابالاريكس من العصر الأوردوفيشي الأوسط، وتبلغ سماكة الوحدة جنوب رأس النقاب ١٢٠ م تقريباً.

—وحدة الحجر الرملي الكونيولاري

Conularia Sandstone Unit

تتكشف هذه الصخور بين بطن الغول والمدورة في نطاق يبلغ عرضه حوالي ٢٥ كم، وتكون أساساً من الطفال الرملي الغني بالمستحاثات التي تتبع العصر الأوردوفيشي الأعلى.

* العصر السيلوري Silurian

وتتكون صخور هذا العصر من الأسفل إلى الأعلى من الصخور التالية :-

Nautiloid Sandstone Unit

—وحدة الحجر الرملي النوتيليدي

وتشبه صخور هذه الوحدة سابقتها وتختلف فقط باحتوائها على مستحاثات النوتيلويد Nautiloids. ويعلمها في الشمال الحجر الرملي الكربني بشكل غير متوافق، أما في الجنوب الشرقي (في الجزء الذي اقتطع من الأردن) فتتكشف الصخور الرملية الطينية البنية — الحمراء الحاوية لحفر الديدان Worm-Burrowed التي تتبع عصر السيلوري الأعلى. وتظهر صخور العصر السيلوري الأسفل الطفالية والمنتجة للغاز الطبيعي في بئر الريشة على عمق ٧٥ م في منطقة بطن الغول.

* العصر الديفوني Devonian

توجد صخور هذا العصر في الأحواض الرسوبية كالجفر والسرطان والأزرق، ولكنها لا تتكشف في الأردن، وتتكون من الحجر الرملي والطفال والحجر الجيري والدولومايت.

* العصر الكربوني Carboniferous

لا تتكشف صخور هذا العصر في الأردن إلا أنها سجلت في بئر صفرا — ١ على بعد ٤٢ كم إلى الشرق من جنوب شرق عمان. وتتكون من الحجر الرملي والجيري.

* العصر البرمي Permian

يعتقد بأن صخور هذا العصر تتكشف في منطقة حمامات ماعين والموجب (٧) (1981 Bandel and Khoury) ولقد سجلت صخور هذا العصر في بئر الرمثا التجريبي على عمق ٣٦٠٠ م.

حقب الحياة المتوسطة Mesozoic

تقسم هذه الحقب الى ثلاثة عصور هي الترياسي والجوراسي والكريتاسي، وتعتبر صخور العصر الكريتاسي أكثر صخور هذه الحقب انتشاراً وتكشفاً في الأردن. وتقطع هذه الصخور وخاصة الترياسي صخور نارية بازلتية.

* العصر الترياسي Triassic

وتتكشف صخور هذا العصر في المنطقة الواقعة بين الموجب ووادي الكفرين، وتقل سماكتها الى الجنوب الى أن تختفي في وادي الموجب حيث تغطي صخور الكريتاسي السفلي صخور الكامبري الرملية، وتزداد صخور الترياسي الى الشمال من وادي حسان، وتتكون من صخور طفالية ورملية وحجر جيرى ومارل اضافة الى وجود ترسبات من الجبس وحديد أوليتي الذي يتكشف في وادي نهر الزرقاء.

* العصر الجوراسي Jurassic

تتكشف صخور هذا العصر في منطقة نهر الزرقاء والى الغرب حتى الأغوار وفي منطقة ماحص، وتتكون صخور هذا العصر من طبقات سمكية من الحجر الرملي والدولومايت والمارل والحجر الرملي الدولوميتي، وفي منطقة البقعة (٣) (Abed and Ashour, 1987).

* العصر الكريتاسي (الطباشيري) Cretaceous

تغطي صخور هذا العصر ما يزيد على ٦٠٪ من مساحة الأردن. وتقل سماكتها نحو الجنوب الشرقي. وهي تنقسم الى جزئين :-
الجزء السفلي القاري ويتكون من الحجر الرملي الأبيض الكتلي والمتعدد الألوان، وتعرف صخوره بصخور الرمل الكرنبي Kurnub Sandstone والجزء العلوي البحري حيث تغلب الصخور الجيرية على مكوناته. ويقسم الجزء العلوي الى الوحدات التالية من الأسفل الى الأعلى :-

—وحدة الحجر الجيري العقدي Nodular Limestone Unit

تتكشف صخور هذه الوحدة على أحسن وجه في منطقة الفحيص وناعر، وتتكون من تعاقب الحجر الجيري والمارل والدولومايت، وتشمل تكو يني ناعر والفحيص.

—وحدة الحجر الجيري الاكنويدي Echinoidal Limestone Unit

ولقد أعطي اسم تكو ين الأحمر للجزء السفلي، وشعيب للجزء العلوي، وتتبع هذه الصخور العصر السينوماني - التوروني، وتتكون من الحجر الجيري والدولومايت والمارل. وتوجد في الجزء العلوي عقد الصوان وطبقات من الجبس.

—وحدة الحجر الجيري الكتلي Massive Limestone Unit

تشمل هذه الوحدة تكو يني وادي السير والغدران وتتبع العصر التوروني - السانطوني، وتتكون من الحجر الكتلي ورقيق التطبق مع بعض عقيدات وطبقات الصوان.

وتستعمل هذه الطبقة كمستوى مميز في عمليات المسح الجيولوجي، وتصبح هذه الصخور في الجنوب رملية. أما الجزء الأعلى فيشمل تكوين الغدران، ويتكون من الطباشير.

—وحدة الحجر الجيري السيليسي Silicified Limestone Unit
و يطلق اسم هذه الوحدة على الجزء السفلي من تكوين عمان وتتبع العصر الكامباني، وتتكون صخور هذه الوحدة من طبقات الصوان والحجر الجيري الرقيقة المتموجة.

—وحدة الفوسفوريت Phosphorite Unit
وتعادل هذه الطبقات الجزء العلوي من تكوين عمان وتتبع العصر الكامباني —
المسترختي. وتتكون أساساً من طبقات الفوسفات والحجر الجيري، وتتكشف بشكل اقتصادي في شمالي الأردن والرصيفة والحسا والقطرانة والشدية.

—وحدة الطباشير Chalk Marl Unit
و يطلق عليها أيضاً تكوين الموقر وتزداد سماكة هذه الصخور الى الشمال وتتكون من
المارل والطباشير، وهي تتبع عصور المسترختيان — دانيان — باليوسين. والجزء السفلي في كثير
من التكتشفات يكون غنياً بالزيت و يطلق عليه اسم وحدة الصخر الزيتي الجيري Unit
Bituminous Limestone

حقب الحياة الحديثة Cenozoic
وتنتشر في هذه الحقب الصخور البازلتية وذلك في غور الأردن ووادي الموجب ومناطق
شمال شرقي الأردن.

★ العصر الثلاثي Tertiary
و يقسم الى أربع وحدات صخرية من الأسفل الى الأعلى هي: —

—وحدة الحجر الجيري الصوان Chert Limestone Unit
و يتكون أساساً من طبقات رقيقة متعاقبة من الصوان والحجر الجيري أو المارل أو
الطباشير، ويتكون الجزء العلوي من الحجر الجيري النوميوليتي الذي يتكشف في منطقة
الفرندل وغرب معان. وتبلغ سماكته في الجنوب ٦٠ م تزداد الى ٢٢٠ م في شمالي الأردن
(وادي الشلالة). وعمر هذه الصخور باليوسين — ايوسين. و يطلق عليها تكوين رجام.

—الكونجولوميرات السفلى متزامنة التكتونية
Lower Syntectonic Conglomerates
توجد في وادي عربة حيث تعلو الحجر الجيري النوميوليتي، وتتكون أساساً من المارل
اضافة الى الكونجولوميرات المنقولة من عصور أقدم. وعمر هذه الصخور أوليجوسين.

—تكوين أصدم Sedom Formation
وهي عبارة عن متبخرات ترسبت في منطقة البحر الميت على شكل ملح صخري مع

طفال ومارل وكارنلايت، وتقدر سماكتها بأكثر من ٤٠٠٠ م ويقدر عمرها بالآ وليجوسين — ميوسين.

— الكونجلوميرات العليا متزامنة التكتونية

Upper Syntectonic Conglomerates

وتتكون من كونجلوميرات بنية الى حمراء وحجر رملي ومارلي. وتتكشف هذه الصخور على الجانب الشرقي من وادي عربة، وتصل سماكتها الى ٢٠٠ م، وعمرها ميوسين.

* العصر الرابعي

وتتكون من التكاوين التالية من الأسفل الى الأعلى : —

— تكوين الشاغور Shagur Formation

وهي كونجلوميرات جيرية ورملية ذات أصل رسوبي نهري — بحيري. وعمرها هو البليوسين العلوي — البلايستوسين السفلي.

— تكوين غور الكتار Ghor El-Katar Formation

وهي كونجلوميرات رملية ومارلية تقع شمال البحر الميت، وعمرها هو البلايستوسين السفلي.

— كونجلوميرات أبو هابيل الجيرية

Abu Habil Conglomeratic Limestones

وهي كونجلوميرات جيرية تعلو صخور غور الكتار، وعمرها هو البلايستوسين الأوسط.

— تكوين بحص كفرنجة Kufranja Gravels

و يتبع عصر البلايستوسين الأوسط وله عمر البازلت نفسه الموجود في غور الكتار.

— تكوين السمرة Samra Fromation

وتتكون من الحجر الرملي والطيني، ويعتقد بأنها ترسبت من مياه بحيرة عذبة، وعمرها بلايستوسين علوي.

— تكوين اللسان Lisan Formation

ويتكون من طبقات طينية ورملية الى الأسفل، تعلوها طبقات رقيقة من الجبس والأراجونيت أو الكالسيت والكاولين ترسبت في بيئة بحيرية مالحة، وعمرها بلايستوسين علوي.

— الرسوبيات الحديثة Holocene Sediments

وهي رسوبيات الأنهار والوديان والكالش والترافرتين والتوفا، ورسوبيات الصوان الصحراوية.

التراكيب الجيولوجية

تتميز التراكيب في الأردن عدا غور الأردن - وادي عربية ببساطتها، حيث توجد الطيات والصدوع اضافة الى التراكيب المعاصرة لعمليات الترسيب كتلك الموجودة في منخفض السرحان والأزرق. وأهم الصدوع العادية التي تتجه الى الشمال الغربي هي صدوع الحسا والكرك ووادي الفيحا والقطرانة - قاع الحفيرة، وهناك صدوع الدفع العلوي Overthrust غرب معان وغرب طريق الحسا - القطرانة التي تتجه من الشمال الى الشمال الغربي. ومجموعة صدوع تتجه من الشمال الى الشمال الشرقي، وهي موازية لغور الأردن - وادي عربية، وصدوع تتجه من الشرق الى الغرب في سواقة ووادي الثمد ووادي الزعفران. وأهم التراكيب ما يعرف بتركيب وادي شعيب (١٣) (Mikbel and Zacher, 1981) الذي يتجه الى الشمال الشرقي على شكل طيات تتحول الى التواء في منطقة البقعة. وأهم الطيات في الأردن هي المثلة في قبة عجلون ومقر الرمثا ومحدبات الصفراء وجبل الطاحونة.

أما انهدام غور الأردن - وادي عربية فيعد من أهم التراكيب الجيولوجية وأعقدها - وهو جزء من حفرة الانهدام التي تمتد من شرقي افريقيا مارة بخليج عدن فالبحر الأحمر ثم شمالا حتى جنوبي تركيا. و يبدو أن الاتساع على طول خليج عدن والبحر الأحمر نحو الشمال الشرقي هو النظرية السائدة حول نشأة حفرة الانهدام، حيث يؤدي هذا الاتساع في الشمال الى حركة أفقية (Strike - Slip).

References

1. Abed, A., 1982: 'Geology of Jordan, Al-Nahda Al-Islamiah, 232 p (In Arabic).
2. Abed, A., and Ashour, M., 1987 : Petrography and age determination of the NW phosphates. *Dirasat*, 14 : 247 - 265.
3. Bandel, K., and Khoury H., 1981: Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan, *Facies*, 4 : 1- 26.
4. Bender, F., 1975: Geology of the Arabian Peninsula, Jordan. Prof. Pap. U.S. Geol. Surv. 560-I., Washington.
5. Blake, G., 1930: The mineral resources of Palestine and Trans- Jordan, Jerusalem Printing and Stationary Office.
6. Blake, G., 1936: The stratigraphy of Palestine and its building stone, Jerusalem Printing and Stationary Office.
7. Blake, G., and Ionides, M., 1939: Report on the water resources of Transjordan and their development. London, Crown Agents for the Colonies.
8. Blanckenhorn, M., 1896: Entstehung und Geschichte des Toten Meeres - *Zeitschr. Deutsch. Palastine Vereins*, Leipzig.
9. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan; Amman.
10. Hull, E., 1886: Memoir on the physical and geography of Arabia Petraea, Palestine, and adjoining districts, with special reference to the mode of formation of the Jordan-Arabah depression and the Dead Sea. Bentley & Sons, London, 145 P.
11. Jarrar, G., 1984: Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian Nubian Shield in the Wadi Araba area, SW-Jordan. Unpublished Ph.D. thesis, Braunschweig University, 107 P.
12. Lartet, L. 1869 : *Essai sur la Geologic de la Palestine- Ann. Sci. Geol.*, 1 pt., 1:1-116.
13. Mikbel, Sh., and Zacher, W., 1981: The Wadi Schueib structure, *N. Jb. Geol und Paleont. Mh.*, 9: 571-576.
14. Picard, L., 1941: The Precambrian of the north Arabian- Nubian Massif. *Bull., Geol. Dept., Hebrew Univ.*, 3, 3-4.
15. Quennell, A., 1951 : The geology of mineral resources of Trans-Jordan. *Colonial Geology & Mineral Resources*, London, 2: 85 - 115.
16. Wetzel, R., and Morton., D., 1959: Contribution a La Geologie de la Transjordanie - notes et Memories sur le Moyen-Orient. Publiees sous la direction de M.L. Dubertret. *Contributions a la Geologie de La Peninsule Arabique, Museum Nat. d'Hist. Nature, Paris*, 7: 95 - 188.

الفصل الثاني

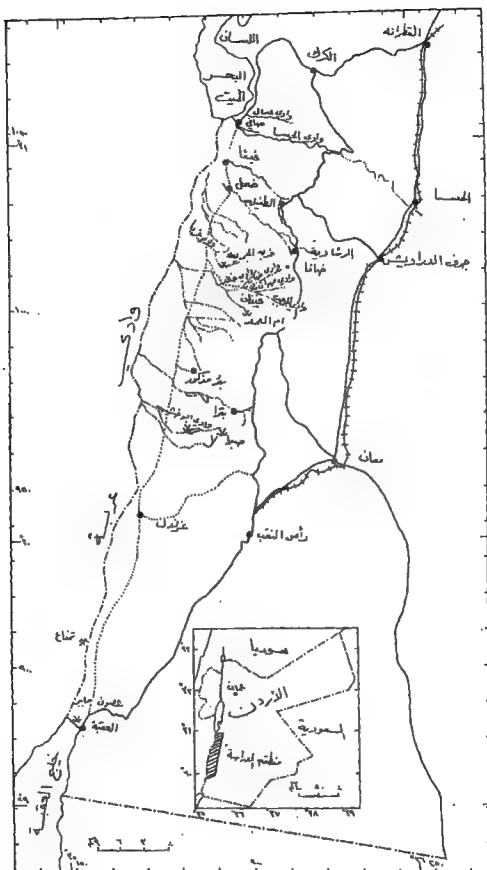
معادن النحاس والمنغنيز

معادن النحاس والمنغنيز

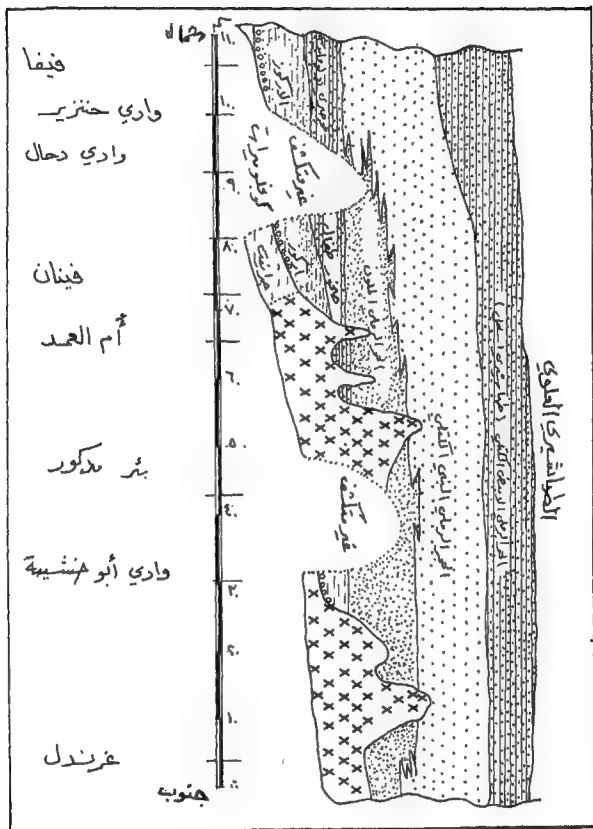
توجد خامات النحاس والمنغنيز على جانبي وادي عربية على شكل طبقات محدودة وغير منتظمة (Stratabound). وتتركز بشكل رئيسي في منطقة فينان وفي صخور العصر الكامبري في وحدة الدولوميت - الحجر الجيري - الطفال. ويعتقد بأن النحاس كان معروفاً في وادي عربية منذ أزمان بعيدة تصل إلى ثلاث آلاف سنة قبل الميلاد. ولا تزال حتى الآن بقايا الأفران لاستخلاص النحاس وربما الحديد في مناطق فينان وصبرا. ويبين شكل (٢ - ١) المواقع المختلفة على طول وادي عربية. ولقد استغل الأنباط (٢٠٠ قبل الميلاد وحتى ١٠٠ بعد الميلاد) والرومان والمسلمون هذه الخامات في فترات متقطعة. ولقد بدأت الدراسات الجدية لهذه الخامات عام ١٩٦١ بواسطة البعثة الجيولوجية الألمانية التي أوصت باستكمال الدراسات. وبناء على ذلك قامت شركة أتوجولد الاستشارية عام ١٩٦٤ (١١) (Gold, 1964) بدراسة الخامات الموجودة في منطقة أبو خشبية وتوصلت إلى إثبات ثمانية ملايين طن من خامات النحاس (معدل نسبة النحاس ٦٤٪). ثم قام قسم التعدين في سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة لهذه الخامات بينت توزيعها وإمكانية استغلالها، وتم تلخيص نتائج الدراسات (١٢) (Nimry, 1973) حيث تبين أن احتياطي خامات النحاس في وحدة الدولوميت - الحجر الجيري - الطفال هي ٣٥٧ مليون طن متري (متوسط تركيز النحاس ٣٦٪) وأن احتياطي خامات المنغنيز هي ١٥ مليون طن متري (متوسط تركيز المنغنيز ٢٩٪) وهناك احتياطي إضافي يقدر بحوالي ٥٠ مليون طن متري من النحاس وثلاثة ملايين طن متري من المنغنيز. أما وحدة الحجر الرملي الملون والتي تعلو وحدة الدولوميت - الحجر الجيري - طفال فتحتوي خامات النحاس بشكل غير منتظم بمتوسط تركيز (٦٥٪)، وقدر الاحتياطي الأولي بثلاثة ملايين طن متري. وفي عامي ١٩٧٥ و ١٩٧٨ قامت شركات استشارية مثل BRGM, SEL بدراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع النحاس، وأعطى رقم ١٥ مليون طن متري منه بتركيز ١٣٪.

الطبقات الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز


تتكشف صخور القاعدة في الجزء الجنوبي على الجانب الشرقي من وادي عربية وتعلوها في شكل عدم توافق طبقات من الحجر الرملي القاري العديد الألوان والأعمار الذي يعرف بالحجر الرملي النوبي. وتتغير السحنات الجيرية - الدولوميتية - الطينية ذات البيئة البحرية لتصبح رملية بحرية ثم رملية قارية كلما اتجهنا إلى الجنوب الشرقي. وكذلك تزداد سماكة السحنات الكربوناتها البحرية كلما اتجهنا إلى الشمال وحتى منطقة الصافي. ويبين شكل (٢ - ٢) التغيرات الصخرية على طول وادي عربية. وتنقسم الصخور من الأسفل إلى الأعلى إلى ثلاث وحدات يمكن مضاهاتها مع الصخور المتكشفة في منطقة تمنا (شكل ٢ - ٣):



شكل (٢-١) مواقع خامات النحاس والمنغنيز على طول وادي عربة.



شكل (٢-٢) التغيرات الصخرية على طول وادي عربة (١١)

منطقة سخنا			منطقة ضانا		
<p>الحجر الرملي المرن (طابري أسفل) (وحدة أخونا)</p> <p>عقد خاصا مسي (تكوين قديم)</p> <p>زهراني دالم (موراسي-طابري أسفل) قوة هدم ترسبها (تكون ثمانية الفاس)</p> <p>حجر رملي ملون (الوحدة المدهشة)</p> <p>حجر رملي أبيض (الوحدة البيضاء)</p> <p>حجر رملي اركوزي (الوحدة حمراء الدولان)</p> <p>حجر رملي عوي (تكون سينط) (تكوين نيونشلس)</p> <p>دولوانيت (تكوين سره)</p> <p>حجر رملي شيلي (تكوني ماغلد)</p> <p>الحجر الرملي المنقبي</p> <p>الجرانيت والريوليت البورفيريت</p>		<p>حجر رملي أبيض كتلي</p> <p>حجر رملي أبيض متطبق</p> <p>حجر رملي سميك صفر وأحمر معصر</p> <p>حجر رملي بني متوسط التحب</p> <p>تركيب الفاس والمغنيوم طيف حادوي</p> <p>تركيب الفاس والمغنيوم دولوانيت طيف حادوي</p> <p>سكوني مبراة الصخور حجر رملي اركوزي متطبق متركيز الفاس</p> <p>جرانيت و ريوليت</p>	<p>وحدة الحجر الرملي</p> <p>الابيض</p> <p>وحدة الحجر الرملي اللون</p> <p>وحدة المبراني الدولوانيت الطال</p> <p>وحدة الحجر الرملي اركوزي</p> <p>صخور القلعة</p>	<p>كربناتسي أسفل طابري</p> <p>كربناتسي الابيض</p> <p>الكابري العلوي</p> <p>كلاسيك أوسط</p> <p>كلاسيك أسفل</p> <p>باجل كلابري</p>	

شكل (٢-٣) مضاهاة الصخور في مناطق ضانا وتمنا

وحدة الحجر الرملي الأركوزي

The Bedded Arkose Sandstone Unit.

وتتبع صخور هذه الوحدة العصر الكامبري الأسفل وتعلو بشكل عدم توافق سطح التعرية وتتكون من حجر رملي أركوزي وردي متوسط - خشن الحبيبات، تتميز بالتطابق المتقاطع ووجود تقاطعات من الطفال السلتي الغني بالمليكا. وتبلغ سماكة الوحدة ٥٠ - ٧٠ م، ويمكن مشاهدة صخور القاعدة الحامضية تعلوها صخور الحجر الرملي الأركوزي في منطقة وادي أبو خشيبة، كما أن هناك كثيراً من عقد الريولايت الغنية بالنحاس والمنغنيز.

وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال

The Dolomite-Limestone-Shale Unit

تبلغ سماكة هذه الوحدة حوالي ٤٠ م ويتكون الجزء الأسفل من الحجر الرملي الدولوميتي والطفال الأحمر والبي الذي تتخلله تقاطعات من الطفال الميكاني. ويتميز بكثرة الفواصل والكسور. أما الجزء الأوسط فيتكون من الحجر الرملي الدولوميتي الذي يتدرج إلى دولومايت ويصبح في منطقة فينان غنياً بترسبات النحاس والمنغنيز. والجزء العلوي من هذه الوحدة يتكون من حوالي ٧ أمتار من الدولومايت والحجر الجيري الذي تعلوه طبقات من السلتي والطفال. وتوجد خامات النحاس والمنغنيز كمادة لاحمة في الجزء العلوي وكجيوب وعروق وبين مستويات التطبق. وفي منطقة شاننا توجد خامات النحاس والمنغنيز معاً على شكل عقد كبيرة تملأ الفواصل والشقوق، وتتغير سحنات هذه الوحدة وسماكتها إلى الشمال حتى منطقة الصافي وتصبح طبقات دولومايت مع تركيز محلي لخامات النحاس على شكل قشور وأصباغ وعبوات في الكسور والشقوق. وتدل دراسة النظائر المستقرة للكربون والأكسجين على أن الصخور الكربوناتية ترسبت في بيئة بحرية (شكل ٢ - ٤).

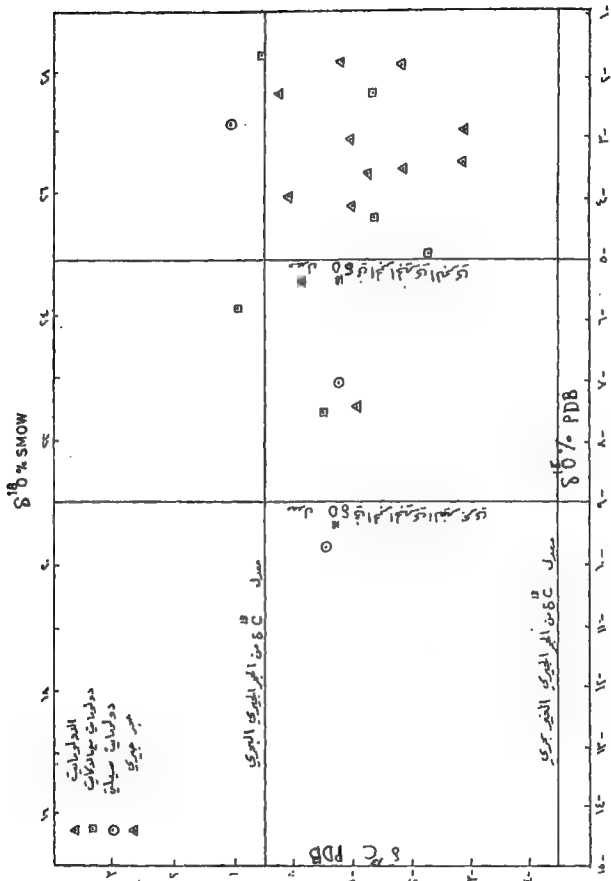
تتابع الحجر الرملي النوبي The Nubian Sandstone Sequence

ويشمل جميع الصخور الرملية التي تعلو صخور القاعدة النارية في الأردن والأقطار المجاورة. يطلق على الصخور الرملية التي تعلو وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال بتتابع الحجر الرملي النوبي. وتبلغ سماكته بضع مئات من الأمتار. ويتكون من الصخور الرملية القارية، ويتبع جزء منه لحقب الحياة المتوسطة، وهو يقسم من الأسفل إلى الأعلى إلى أربع وحدات :-

١. وحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات

The Variegated Sandstone Unit.

تتركز أكاسيد الحديد كمادة لاحمة في هذه الوحدة التي تصل سماكتها إلى ١٠٠ م في منطقة أبو خشيبة. وفي منطقة فينان تتركز أكاسيد الحديد على شكل هيماتيت كتلي مع



شكل (٤-٢) العلاقة بين δO^{18} و δC^{13} للعينات الكربوناتية من وادي عربية

خامات النحاس والمنغنيز على شكل مادة لاحمة أيضاً، أو تملأ الفراغات في الجزء السفلي الذي يفصل هذه الوحدة عن وحدة الحجر الجيري - دولومايت - طفال.

٢. وحدة الحجر الرملي البني الكتلي

The Massive Brownish Sandstone Unit

وتتكون من طبقات سميكة من الحجر الرملي، ويكون الجزء السفلي منها (١٨٠ م) ناعم - متوسط الحبيبات، أما الجزء العلوي (١٥٠ م في فينان) فيتكون من حجر رملي متطبق بني اللون.

٣. وحدة الحجر الرملي الكتلي الأبيض:

The White Massive Sandstone Unit

وتتكون من طبقات سميكة من الحجر الرملي الكتلي الأبيض الخشن والمتوسط الحبيبات حيث تبلغ سماكتها ١٨٠ م ويمكن أن تتبع العصر الكريتاسي الأسفل، على الرغم من أنها جميعها أو الأجزاء السفلى منها تتبع العصر الأوردوفيشي.

٤. وحدة الحجر الرملي المتعدد الألوان :-

The Varicoloured Sandstone Unit

و يتكون الجزء السفلي من هذه الوحدة من الحجر الرملي الناعم والمتوسط الحبيبات حيث تتخلله طبقات من الطفال. أما الجزء الأوسط فيتكون من الحجر الرملي المتطبق المتوسط والخشن الحبيبات. وأما الجزء العلوي فيتكون من الحجر الرملي الخشن المدرج الى الناعم. وهي على الأغلب من العصر الكريتاسي الأسفل.

تراكيب المناطق الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز :-

يمتد وادي عربة من خليج العقبة الى البحر الميت حيث يفصل الكتلة الفلسطينية من الغرب عن كتلة شرق الأردن في الشرق. ويتأثر وسط المنطقة بوجود صدعين رئيسيين برميات عنمودية وهما صدع وادي ضانا وصدع وادي سلوان اللذان يتجهان شرق شمال شرق - غرب جنوب غرب، وشرق غرب على التوالي. ويعتقد بأن صدوع الدفع العلوي overthrust مصاحبة للحركة الأفقية على جانبي وادي عربة. وتوجد صدوع كثيرة أخرى ذات امتدادات أقل وتتجه شمال ٢٠ درجة شرق، وشمال ١١٠ درجات شرق وشمال ١٦٠ درجة شرق حيث تؤثر هذه الصدوع على تكوين كتل جبلية تتدرج نحو وادي عربة بمعدل ميل ٢٠ درجة. ولقد أوضح (٥) Bender, 1982 بأن الرسوبيات في وادي عربة ترسبت على شريط الرف المستقر لبحر التيثس وهي منطقة تداخل الرواسب القارية والشاطئية والبحرية التي أدت الى تغيرات سحنية وعدم توافق طبقي نتيجة توقف الترسيب وتتابع تقدم البحر وانحساره، ويعتقده بأن الحافة الشمالية للدرع العربي النوبي كانت تحتل الأجزاء الجنوبية من الأردن وفلسطين. ولزيد من التفاصيل عن جيولوجية وادي عربة وتراكيبه راجع (٥) Bender, 1982.

أشكال خامات النحاس والمنغنيز وتركيبها المعدني:

في دراسة قام بها المؤلف (١٧) Khoury, 1986 على طول الجانب الشرقي من وادي عربة تبين بأن خامات النحاس والمنغنيز تنحصر في الجزء السفلي من وحدة الحجر الرملي الملون والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري - دولومايت - طفال. وتصل سماكة الطبقات الحاملة للخام إلى أكثر من ٤ أمتار. وفي وحدة الحجر الرملي الملون فإن معدن النحاس الأساسي هو المالاكيت ($\text{Malachite, Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) يصاحبه معادن الكوبريت (Cu_2O), Cuprite, والهيماتيت ($\text{Hematite, Fe}_2\text{O}_3$). وتنتشر قطع الصخور البورفيرية الغنية بمعادن النحاس الثانوية المالاكيت والكريزوكولا ($\text{Chrysocolla, Cu}_4\text{H}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) في هذه الوحدة وخاصة في منطقة أبو خشبية التي هي نتيجة مباشرة للتجوية الكيماوية للقطع الصخرية البورفيرية. ويعتقد بأن صخور الريولايت من عصر ما قبل الكامبري كانت غنية بكبريتيدات النحاس الأولية التي ترسبت على شكل قطع ريولايت في الوحدات الصخرية التي تعلوها.

أما في وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال فإن المالاكيت والكريزوكولا هما المكونان الرئيسيان لخامات النحاس، و يتركز أكسيدا المنغنيز البسيلوميلين والبيرولوزيت ($\text{Psilomelane Ba Mn}^{+2} \text{Mn}^{+4} \text{O}_{16} \text{OH}_4$, Pyrolusite, MnO_2) في وادي ضانا. وتوجد في منطقة فينان معادن نحاس ثانوية كثيرة مثل أزوريث ($\text{Azurite, Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) وأتكاميت ($\text{Atacamite, Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})$) وبسيدومالاكيت ($(\text{OH})_4 \text{PO}_4$) و $\text{Pseudomalachite Cu}_5$ وبروشانتيت ($\text{Brochantite, Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$) وكوبريت ونحاس فلزي وبلانشيت ($\text{Plancheite, 3Cu SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) وكالكوبيريت (Cu FeS_2) و $\text{Chalcocite, Cu}_2\text{S}$) و بورنيت ($\text{Bornite, Cu}_5\text{Fe S}_4$) و الكوسيت ($\text{Chalcocite, Cu}_2\text{S}$) و دوفانيت ($\text{Duffite, Pb Cu OH AS}_5 \text{O}_4$) و تينوريت (Tenorite, CuO) و كرنديريت ($\text{Crednerite, Cu}_2\text{O. Fe}_2\text{O}_3$) و دلافوسيت ($\text{Delafossite, Cu}_2\text{O. Fe}_2\text{O}_3$).

ويمكن تلخيص أشكال التمعدين لخامات النحاس والمنغنيز على جانبي وادي عربة كما يلي :-

١. عقد من كبريتيدات النحاس الأولية مثل الكالكوسيت والبورنيت والكالكوبيريت يصحبها عادة معادن ثانوية مثل المالاكيت والكريزوكولا في الحجر الرملي الكامبري الأبيض الناعم في وادي أبو خشبية وفي الحجر الرملي الكربني من العصر الطباشيري (الكريتاسي) السفلي في منطقة تما حيث وجدت عقد من الكبريتيدات تصل إلى ١ كجم. ويعتقد بأنها نتيجة الاحلال لبقايا نباتات (Slatikine, 1961). ومما يجدر ذكره أن كبريتيدات النحاس الأولية وجدت في الأرنب فقط في خربة النحاس.

٢. قطع الريولايت المنقولة من صخور ما قبل الكامبري المترسبة في الحجر الرملي الكامبري والتي تحمل معادن النحاس الثانوية مثل الكوبريت والمالاكيت والكريزوكولا.

٣. يوجد المالاكيت والكريزوكولا في الحجر الرملي والسلتي الكامبري في مناطق أبو خشبية وتمنا والمالاكيت على طول وادي عربية في وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفل على شكل احلالات، وكما مادة لاحمة ومالئة للقنوات والفواصل و بين مستويات التطبيق. ويعتقد بأن أصل المالاكيت ناتج عن تفاعل المحاليل الغنية بالنحاس مع الصخور الكربوناتيّة (٢,١٨) (Bender, 1965; Weissbrod, 1969)

وكذلك توجد عقد كبيرة كتلية من المنغنيز الحامل للنحاس وخاصة في منطقة ضانا في وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفل. كما توجد معادن المالاكيت والكريزوكولا الثانوية على طول الشقوق والفواصل في العقد الكلوية الشكل المكونة أساساً من أكاسيد المنغنيز.

كيمياء الصخور الحاملة لخامات النحاس والمنغنيز وبترولوغيتها

١) وحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات

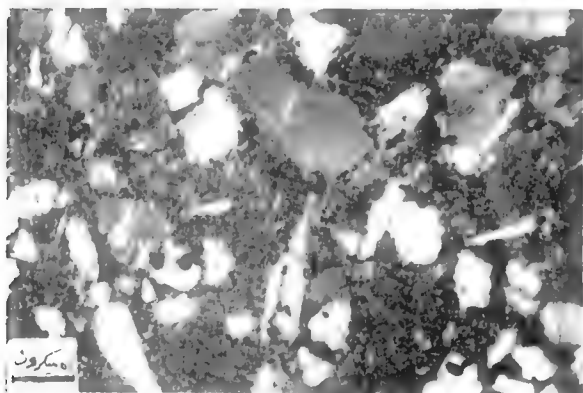
بينت الدراسة الميكروسكوبية لهذه الوحدة بأن الكوارتز هو المكون الأساسي لهذه الصخور. وتوجد قطع من الصخور النارية الحامضية المتداخلة والبركانية والكوارتز والأورثوكليز والبلاجيوكليز كمكونات جانبية أو نادرة. وتظهر نواتج التجوية الكيماوية للفيلدسبار على شكل معادن طينية ومسكوفيت وسيريسيت.

وتزداد نسبة البيوتيت المتجوي جزئياً أو كلياً إلى كلوريت كلما اتجهنا شمالاً وحتى منطقة الصافي. أما المعادن الإضافية فهي المعادن المعتمدة والزركون والتورمالين والروتايل. ويدل التركيب المعدني لوحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات على أن الصخر الأم هو ناري حامضي مع أنه تم التعرف على معادن قليلة من الهورنبلند والبيروكسين والأليفين ذات الأصل القاعدي. أن شكل الحبيبات غير المنتظم ذات الزوايا الحادة يدل على أن مسافة النقل كانت قصيرة، وهذه الصخور مدعومة بالحبيبات، كما أنها على درجة عالية من النضج المعدني والنسيجي، وتتكون الأرضية في بعض الحالات من المعادن الطينية والمواد اللاحمة مثل الدولومايت. وهناك احلالات متأخرة لخامات النحاس والمنغنيز على حساب التكوّن المعدني للحجر الرملي، ولقد عانت هذه الصخور من تشوهات وكسور نتيجة للحركات الضاغطة التي نتج عنها تشويه لبلورات الميكا وتكسر لحبيبات الكوارتز. و بين شكل (٢ - ٥) الكسور في حبيبات الكوارتز واحلال أكاسيد المنغنيز للكوارتز في مراحل متأخرة. كذلك بين شكل (٢ - ٦) نمو معادن النحاس والمنغنيز على حساب الأرضية الطينية الناعمة أو معادن الفيلدسبار والكوارتز.

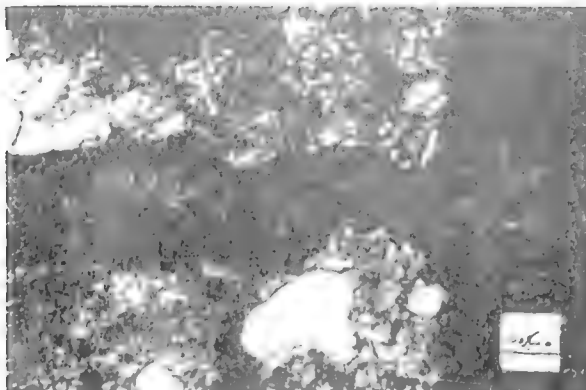
وتظهر خامات النحاس في هذه الوحدة على شكل مائة لاحمة لحبيبات الحجر الرملي أو على شكل جيوب خضراء اللون موزعة في الطبقات وتتراوح نسبة النحاس حسب تقارير سلطة المصادر الطبيعية ما بين ٠.١ - ٠.٣٪ بمتوسط ٠.١٦٪.



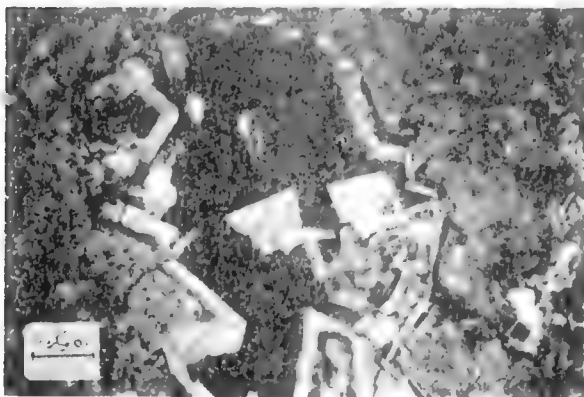
شكل (٢-٥) صورة مجهرية لحامات المعبر بملا السقوف في الكواريز وتنتشر على حساب الأرضية الطينية



شكل (٢-٦) صورة مجهرية لحامات الحاس والمعبر تنتشر على حساب الأرضية الناعمة



شكل (٢-٧) صورة مجهرية لخامات النحاس والمغنيس يظهر ممرسه في الشقوق والارتفاع



شكل (٢-٨) صورة مجهرية لخامات النحاس والمغنيس في الدولومات وسدو مراحل الاحلال واعاده تكون الدولومايت المعيني الشكل.

ب) وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال

بينت دراسة معدنية قام بها المؤلف (١٧) (Khoury, 1986) للجزء العلوي من هذه الوحدة البحرية الترسيب بأنها تتكون من الكوارتز والفيلدسبار والمعادن الطينية (اليت وكاولين ومسكوفيت وسيريسيت وكوريت) ودولومايت (كمادة لاحمة) إضافة إلى معادن المنغنيز والنحاس والحديد (كمواد لاحمة متأخرة). ويبين الجدول رقم ٢ - ١ و ٢ - ٢ التركيب الكيماوي للعناصر الأساسية والجانبية. وتصل نسبة أكسيد المنغنيز إلى ١٠٪ في وادي خالد، بينما تصل نسبة أكسيد الحديد إلى ٩٪ في وادي عسال ووادي خالد، والنحاس ٣.١٪ في وادي خالد، والباريوم ٢.١٪ في منطقة تقاطع غور الصافي - الكرك، والرصاص ٨.٠٪ في وادي خالد. ولا توجد أية علاقة طربية بين تركيز هذه العناصر ونسبة المعادن الطينية. وتنمو معادن النحاس والمنغنيز والحديد على حساب الأرضية الطينية والمعادن الأساسية المكونة للجزء العلوي من الوحدة وفي الفراغات والشقوق (شكل ٢ - ٧).

ودلت دراسة الدولومايت أن هناك إعادة للتبلور وازدياداً في حجم البلورات المعدنية، وتنمو معادن النحاس والمنغنيز والحديد على حساب الدولومايت في مراحل عديدة حتى بعد إعادة التبلور (شكل ٢ - ٨). وكما هو مبين في شكل (٢ - ٤) فإن دراسة النظائر المستقرة للكرบอน والأوكسجين

$$(\delta 13C\text{‰} - (-1.9) - (+1) \text{ PDB}, \delta 18O\text{‰} - (-9.7) - (-1.7) \text{ PDB})$$

لعينات الدولومايت والحجر الجيري دلت على أنها تقع ضمن رواسب الحجر الجيري البحري.

وتتدرج خامات الحديد ثم النحاس والمنغنيز ثم النحاس من الأعلى إلى الأسفل في وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال في منطقة فينان.

نشأة رواسب النحاس والمنغنيز في وادي عربية

كتب العديد من الباحثين عن نشأة رواسب المنغنيز في وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال. وبين بعضهم أنها ترسبت متزامنة مع الصخور المحيطة (١٧، ١٥، ٩، ٨، ٦، ٢) (Black and Ionides, 1939; Sturm, 1953; Bendor, 1956; Nimry, 1967; Van den Boom, 1969; Basta and Sunna, 1972).

بينما بين بعضهم الآخر بأنها كانت نتيجة عمليات احلال متأخرة (٧) (Benson, 1952) أو ذات أصل حرماثي (١٢، ١٠) (Möckelvy, 1959; Demag, 1960) أما رواسب النحاس فلقد ناقش نشأتها الرسوبية (١٢، ٦) (Bendor, 1956; Gold, 1964) ولقد بين (١٠) Nimry بأن خامات النحاس في وحدة الحجر الرملي الملون والمتعدد الحبيبات تكونت نتيجة الترسيب بواسطة المحاليل المتخلطة إلى أسفل حيث تم الاحلال المتبادل بينها وبين المكونات المعدنية للصخور الرملية. أما (٥) Bender, 1982 فقد أكد أن ترسيب النحاس كان متزامناً مع ترسيب الصخور المحيطة.

جدول (٢ - ١) التركيب الكيماوي للعناصر الأساسية من وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال

المنطقة	Sample No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	%O	P ₂ O ₅	SO ₃	LOI	Sum%
وادي عسال	K2	56.65	0.77	16.00	0.03	0.02	1.62	0.59	0.18	6.51	0.76	0.11	4.90	99.94
	K3	55.87	0.81	17.42	6.70	0.02	0.61	0.68	0.15	6.77	0.00	1.22	6.50	99.81
	K11	66.04	0.39	11.09	2.82	0.35	3.03	2.97	0.14	5.51	0.10	0.29	6.50	99.81
	K14	55.89	0.64	17.54	4.97	0.07	3.74	1.57	0.19	6.38	0.18	0.10	0.00	99.08
وادي عجوب	K23	56.01	0.29	8.49	2.20	0.96	4.89	9.51	0.12	5.27	0.03	0.07	12.90	99.77
وادي خالد	K42	62.30	0.47	12.15	2.87	5.39	1.54	0.65	0.54	5.56	0.30	0.11	5.80	97.36
	K47	55.22	0.63	18.53	4.60	0.31	2.40	2.14	0.45	6.66	0.19	0.18	8.00	99.99
	K31	51.51	0.40	12.52	8.25	0.03	1.65	3.36	1.02	4.79	0.09	3.06	9.90	99.60
	K54	58.76	0.68	16.03	4.52	0.11	3.40	0.39	0.80	6.96	0.11	0.04	6.30	98.19
	K55	53.26	0.71	12.9	14.84	10.29	1.66	0.24	0.38	5.20	0.10	0.09	6.40	96.09
غربة الجارية	K56	61.14	0.56	15.83	3.22	0.16	1.67	0.18	0.41	5.20	0.04	0.04	5.10	98.55
تقاطع الصافي الكرك	K63	49.32	0.74	16.98	6.21	0.10	4.34	3.76	0.32	6.34	0.21	0.06	1.40	99.90
	K65	59.50	0.60	14.95	6.01	0.03	1.58	0.39	0.10	0.12	0.19	2.46	3.40	95.15
	K67	55.05	0.73	17.39	5.70	0.12	3.42	1.96	0.05	7.18	0.21	0.10	7.40	99.51

جدول (٢ - ٢) التركيب الكيماوي للعناصر الشحيحة
من وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال (جزء بالمليون)

المنطقة	Sample	Ba	Cr	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Rb	Sc	Sr	Tb	V	Y	Zn	Zr
وادي عسال	K2	792	208	13	60	15	176	16	36	7	324	13	576	17	90	66	0	394
	K3	764	127	14	96	8	145	16	30	0	302	18	251	8	105	29	64	339
	K11	733	46	16	90	19	111	2	37	0	153	8	82	0	48	24	56	114
	K14	637	105	19	85	24	146	9	45	26	200	13	128	11	94	22	58	195
وادي عجوب	K23	1594	62	34	25	798	93	8	49	44	134	7	114	3	27	25	342	230
وادي خالد	K42	7927	74	66	80	6283	115	4	46	8116	125	12	164	53	89	32	440	353
	K47	729	70	33	77	3649	113	11	104	124	214	21	126	13	89	11	768	193
	K51	364	101	30	139	1206	136	6	56	7	158	12	469	15	189	24	103	251
	K54	513	82	99	70	14125	151	9	112	9	226	16	86	9	77	13	297	122
	K55	8854	50	79	47	11923	164	11	65	7319	120	18	296	48	142	36	343	284
غربة الجارية	K56	533	56	42	72	4920	114	7	108	63	184	10	170	8	60	10	286	158
تقاطع الصافي الكرك	K63	449	122	27	95	124	127	10	50	41	210	15	427	20	102	34	89	202
	K65	39063	0	18	51	115	86	13	58	37	151	9	878	10	71	25	40	175
	K67	501	93	23	103	160	138	12	65	0	255	16	267	21	122	30	51	110

ان تركيز تمعدن خامات المنغنيز في أسفل وحدة الحجر الرملي الملون متنوع الحبيبات والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال يأخذ أشكالا عديدة وغير منتظمة في الشقوق والفواصل والكسور الناتجة عن الانضغاط التكتوني أو مترسبا نتيجة الاحلال المتأخر لمكونات هذه الصخور و يظهر على شكل بقع سوداء في داخل الطبقات و بينها أو على شكل طبقات متبادلة (varved-like). و يطغى التمعدن الكتلي (العقدي) في الفراغات

المفتوحة على أشكال خامات المنغنيز. وتتميز هذه العقد بنسبة عالية لأكسيد المنغنيز تصل الى أكثر من ٦٠٪ حيث يوجد النحاس مصاحباً بتركيز يصل الى ٢٪.

أما تمعدن خامات النحاس فيشبه الى حد كبير خامات المنغنيز حيث تملأ الفراغات والشقوق وتتركز بين مستويات التطبيق وترسب على حساب المكونات الأساسية السفلى من وحدة الحجر الرملي الملون والمتنوع الحبيبات، والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري الدولوميت – الطفال وتظهر على شكل بقع ورقائق خضراء اللون. وفي بعض الأمثلة تحل أكاسيد المنغنيز محل رواسب النحاس في المراحل المتأخرة. ولقد بينت الدراسات الميدانية والمخبرية في منطقة فينان وجود أربعة نطقات مميزة من الأعلى الى الأسفل.

١. نطاق غني بأكاسيد الحديد (الهيماتيت) مع قليل من أكاسيد المنغنيز.

٢. نطاق غني بأكاسيد المنغنيز مع قليل من أكاسيد النحاس والمنغنيز.

٣. نطاق غني بأكاسيد النحاس والمنغنيز مع قليل من أكاسيد الحديد.

٤. نطاق غني بأكاسيد النحاس مع قليل من أكاسيد الحديد والمنغنيز.

و يلاحظ ترابط عناصر الحديد والمنغنيز والنحاس مع بعضها بعضاً من حيث النشأة. ويعتقد بأن مصدر هذه العناصر هو صخور القاعدة المعقدة. ان مصدر النحاس هو صخور الريولايت والصخور المتحولة ذات الأصل الرسوبي. وتوجد أكاسيد النحاس (الكوبريت) في صخور الريولايت والصخور المتحولة بشكل مميز في منطقة وادي أبو خشبية. ولم يجزم حتى الآن ما اذا كان الكوبريت أولي النشأة أو ثانوي النشأة ناتجاً عن أكسدة الكبريتيدات. أما مصادر المنغنيز والنحاس فيعتقد بأنها العروق الحرمائية العديدة في صخور البريكامبري كتلك الموجودة جنوب تمنا والصخور القاطعة القاعدية والمتحولة من أصل رسوبي. ونتيجة لعمليات التجوية، انتقلت عناصر الحديد والمنغنيز والنحاس الى البحر وترسبت مع رسوبيات العصر الكامبري. ويكون النحاس ذائباً على شكل $Cu + 1$, $Cu + 2$ في الظروف الحامضية والمؤكسدة و يترسب على شكل أكاسيد وكربونات اذا ارتفع المعامل الحامضي الى أكثر من ٦.٣. أما المنغنيز والحديد فيذوبان في الظروف المختزلة والحامضية. وبالتالي فإن الظروف القلوية والمؤكسدة تؤدي الى ترسيب أكاسيد المنغنيز والحديد، وترسب مركبات الحديد عادة قبل المنغنيز الذي يبقى ذائباً، حيث يحتاج الحديد الى جهد أكسدة أقل.

و يوضح شكل (٢-٩) عمليات الترسيب خلال عمليات تقدم البحر وانحساره. وقد ترسبت قطع الريولايت الصخرية الحاملة للنحاس والفتات الصخري في فترة انحسار البحر. وعندما تقدم البحر من الغرب تكونت بيئة مختزلة أدت الى ذوبان أكاسيد النحاس والمنغنيز والحديد وأعيد ترسيبها على شكل كبريتيدات في المناطق الفقيرة بالأوكسجين (بيئة مختزلة). وأدت عمليات تتابع انحسار البحر وتقدمه في الفترات اللاحقة الى ذوبان وترسيب الكبريتيدات والأكاسيد والكربونات من العصر الكامبري وحتى الطباشيري (الكريتاسي)

الأسفل حيث تعاقبت البيئات القارية والبحرية. ولقد كان أعلى تركيز لأكاسيد الحديد والمنغنيز والنحاس في طبقات الحجر الرملي النوبي القاري الذي يحتوي على الحجر الرملي الكرنبي (طباشيري أسفل).

و يتميز الحجر الرملي الكرنبي في الأردن بوجود ترسبات من الفحم والطفال الغني بالمواد العضوية والمركبized والبيريت^(١١) Marcasite and Pyrite (Abed, 1978).

ولقد خلقت مثل هذه الترسبات بيئة حامضية ومختزلة في المياه الجوفية المتخللة الى أسفل في طبقات الحجر الرملي النوبي الغني بأكاسيد الحديد والمنغنيز والنحاس. ان تخلل المياه الجوفية الحامضية والمختزلة كان الشرط الأساسي لتحرك عناصر الحديد والمنغنيز والنحاس الى أسفل واعادة ترسيبها في الجزء السفلي لوحدة الحجر الرملي الملون متنوع الحبيبات والجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال. ولقد لعبت عوامل درجات الأكسدة والحامضية والنفاذية والمسامية للصخور دوراً هاماً في ترسيب خامات النحاس والمنغنيز والحديد على شكل نطاقات. ولقد ترسب الحديد أولاً ثم المنغنيز وأخيراً النحاس. وتترسب أكاسيد الحديد في مدى واسع من درجات الحامضية - القلوية والأكسدة بينما تترسب أكاسيد المنغنيز تحت ظروف عالية من القلوية والأكسدة. وتترسب أكاسيد وكربونات النحاس في الظروف القلوية والمؤكسدة في وقت لاحق وذلك بسبب درجة الذوبان العالية للنحاس. ولقد تبع عمليات الترسيب والاحلال الرئيسية تحركات وترسبات ثانوية اعتمدت على الظروف المحلية الموجودة من حيث درجات الحامضية - والأكسدة. وساعدت الكسور والشقوق والفواصل والنفاذية العالية في وحدة الحجر الرملي الملون والمتنوع الحبيبات على حركة المياه المتخللة الى أسفل حيث ترسبت الخامات المختلفة عند الجزء العلوي غير المنفذ لوحدة الحجر الجيري الدولومايت - الطفال وامتدت الى الجزء السفلي من وحدة الحجر الرملي الملون المتنوع الحبيبات.

ان ذوبان النحاس واعادة ترسيبه على شكل كربونات وسيليكات يظهر بوضوح في طبقات الحجر الرملي في الجزء السفلي لوحدة الحجر الجيري - الدولومايت - الطفال وخاصة في وادي ضانا، وكذلك فان التجوية الكيماوية لقطع الريولايت في الحجر الرملي الأركوزي أنت الى تكوين كربونات وسيليكات النحاس الثانوية في هذه الوحدة.

ان نظرية الترسيب اللاحق لخامات النحاس والمنغنيز والنحاس بواسطة المحاليل المتخللة الى أسفل تؤيدها توضعات الخامات المحلية غير المنتظمة في الشقوق والفواصل وبين الطبقات وعلى مستويات التصدع. وكذلك فان اختلاف سماكة الخامات خلال مسافات قصيرة وزيادة تركيز عناصر الباريوم والرصاص المصاحبة للخامات تؤيد نظرية الترسيب اللاحق، ولا تلغي هذه النظرية بأي حال من الأحوال وجود ترسبات متزامنة للخامات مع الصخور الرسوبية من العصر الكامبري وحتى الطباشيري الأسفل.

References

1. Abed, A., 1978 : A coal horizon at the lower most Kurnub, north Jordan, Dirasat, 5 : 34-44.
2. Basta, E., and Sunna, B., 1972: The manganese mineralization at Feinan District, Jordan, Bull. Fac. Sc., U of Cairo, 44 : 111-126.
3. Bender, F., 1965: Zur Geologie der Kupfererz-Vorkommen am Ostrand des Wadi Araba, Jordanien, Geol. Jb., 83: 181-208.
4. Bender, F., 1974 : Explanatory notes on the geological map of Wadi Araba, Jordan. Geol. Jb. Bull. 10: 3-62.
5. Bender, F., 1982: On the evolution of the Wadi Araba Jordan Rift, Geol. Jb. Bull. 45: 3-20.
6. Bentor, J., 1956 : The manganese occurrences at Timna, a lagoonal deposit, XX Cong. Geol. Inter. Symp. Mexico.
7. Benson, W., 1952: Investigation of mineral resources of Jordan. Unpublished report, BGR Archiv.
8. Blake, G., and Ionides, M., 1939 : Report of the water resources of Transjordan. London Crown Agent for Colonies.
9. Boom, Van den, G., 1969 : Zur Geologie und Genese der Manganerz Vorkommen in Wadi Dana Geol. Jb. 81: 42-46.
10. Demag, A., 1960 : Report of the manganese of Wadi Dana, Jordan, Unpublished, BGR Archiv, Hanover.
11. Gold, O., 1964: The Wadi Araba copper exploration, Jordan, Unpublished Report.
12. Khoury, H., 1986: On the origin of stratabound copper-manganese deposits in Wadi Araba, Jordan, Dirasat, 13: 227-247.
13. Mckelvey, V., 1959 : Investigations needed to stimulate the development of Jordan mineral resources, Unpublished Report. USGFS.
14. Nimry, Y., 1967: The manganese occurrences at Wadi Dana, Jordan, Unpublished Report, NRA.
15. Nimry, Y., 1973 : The copper and manganese prospects of Wadi Araba, Unpublished Report, N R A.
16. Slatikine, A., 1961: Nodules cuprifères du Neguev (Israel), Bull. Res. Council. Israel, 10 : 292-299.
17. Sturm, E., 1953: Possible origins of manganese ore in the Negev. Bull. of the Res. Council., 3, Jerusalem.
18. Weissbrod, T., 1969: The Paleozoic of Israel and adjacent countries. Bull. Geol. Surv. Israel., 48: 32 p.

الفصل الثالث

معادن الحديد

معادن الحديد

لقد استغل خام الحديد منذ القدم في جنوب وادي عربة ومنطقة عجلون، ولقد ذكرت خامات الحديد في منطقة وردة في كثير من المؤلفات ثم أعقب ذلك دراسات قام بها (١٩٦٢) Van den Boom and Lahloub ثم (١٩٨٨) Saffarini.

وكان من نتائج ربط الجيولوجيا التركيبية للمنطقة بتمعدن الحديد اكتشاف ترسبات الحديد في مناطق شمال وغرب عمان. و يبين شكل (٢ - ١) توزيع خامات الحديد في الأردن. و يعتقد بأن خامات الحديد على درجة عالية من التشابه من حيث التركيب المعدني والنشأة. وتتعلق الدراسات المتوافرة بخامات الحديد في مناطق عجلون وشمال وغرب عمان.

* خامات الحديد في منطقة عجلون

توجد خامات الحديد في منطقة وردة على بعد ٣٥ كم شمال غرب عمان. وتصل سماكتها الى ما يزيد على ١٠ م في منطقة تزيد مساحتها على كيلو متر مربع. ولقد وصف (٧) Van den Boom and Lahloub ١٩٦٢ طبقات الحديد بأنها عدسية الشكل غير منتظمة توجد في وحدة الحجر الجيري الكتلي الذي يتبع العصر السينوماني - التوروني. و يبين شكل (٣ - ٢) التوزيع الطبقي المحلي في منطقة وردة. وقد دلت الدراسة الميدانية على أن هناك احلالاً جزئياً للحجر الجيري والطباشيري في المنطقة. وتتاثر هذه المنطقة بثلاثة صدوع رئيسية لها علاقة مباشرة مع حفرة الانهدام. وتظهر الكسور والتشققات في وحدة الحجر الجيري الكتلي وتخترق جسم الخام. ولقد بينت تقارير سلطة المصادر الطبيعية غير المنشورة أن سماكة الطبقات الحاملة لخامات الحديد تتراوح بين ٠.٨ - ٩.٨ م ومعدل اكسيد الحديد نتيجة تحليل ٢٠ عينة من الخام هو ٦٧.٩٪ وأن الاحتياطي المثبت هو ٦٠.٠٠٠ طن متري. وذكرت التقارير أيضاً أن أصل هذا الخام هو المحاليل الحارة الصاعدة، ولقد بين (١٩٨٧) Batayneh أن الطبقات الحاملة للحديد تصل سماكتها الى ٩.١ م وتتجانس في المغناطيسية وتزداد في السمك في اتجاهات شمال شمال غرب، وشمال شرق، وجنوب شرق.

التركيب المعدني والكيمائي للخام

قام (١٩٨٨) Saffarini بدراسة المكونات المعدنية لخام الحديد في منطقة وردة، و بين أن المكونات المعدنية الأساسية هي الهيماتيت Hematite والليمونيت Limonite بنسب متفاوتة. أما المعادن الأخرى المصاحبة فهي الكوارتز والكالسيت والجوئيت. و يبدو أن الحركات الأرضية المختلفة أثرت تأثيراً مباشراً على تكسير الخام وتكوين البريشيا المتماسكة بواسطة كربونات الكالسيوم، وكذلك فإن أكاسيد الحديد وخاصة الليمونيت تعمل كمادة لاحمة في البريشيا المكونة من الحجر الجيري.

و يبين جدول رقم ٢ - ١ معدل التركيب الكيماوي لأكثر من ثلاثين عينة أخذت من منطقة وردة. وكما نرى من الجدول فإن تركيز الحديد يتراوح بين ٢٢٢١٪ - ٦٣٣٪ و بمعدل يصل الى حوالي ٤٦٥٪.

جدول (٣ - ١) معدل التركيب الكيماوي لعينات من منطقة وردة^٤
جزء بالمليون

الانحراف المعياري	المعدل الحسابي	أعلى قيمة	أدنى قيمة	العنصر
8.12	8.84	25.55	0.36 *	Si
213	446	1020	200	Al
365	443	1268	55	Ti
13.66	46.55	63.35	22.1 / *	Fe
4777	4184	15250	520	Mg
2.95	1.38	14.70	0.05 *	Ca
89	613	913	465	Na
39	100	300	60	K
28	34	103	5	Mn
217	124	1225	38	Zn
258	256	1016	50	V
15	52	108	35	Ni
65	135	410	65	Co
41	81	210	15	Cr
3.08	7.17	11.56	2.79 *	H ₂ O _{tot}

* نسبة مئوية %

نشأة خام الحديد في منطقة وردة

بينت الدراسة التي قام بها (٤) Saffarini, 1988 أن هنالك علاقة وثيقة بين تمعدن خامات الحديد وحفرة الانهدام الأردني التي يمكن اعتبارها مثالا جيدا بين الجيولوجيا الاقتصادية والتركيبية والتي يمكن أن تؤدي الى اكتشافات جديدة على طول الجانب الشرقي لحفرة الانهدام. ان وجود معدن الهيماتيت كمكون أساسي لخامات الحديد هو دلالة واضحة على وجود الظروف الفيزيائية - الكيماوية نفسها خلال فترة تمعدن الخام. ولقد استنتج من التحليل الاحصائي الذي قام به الباحث المذكور على المكونات الكيماوية للخام بأن سرعة التمعدين كانت غير ثابتة حيث تمت عمليات فصل للعناصر المختلفة من المحاليل الحرمائية الصاعدة وترسب الحديد كمكون أساسي أو ثانوي مع السيلكا.

★ خامات الحديد شمال وغرب عمان

بينت الدراسات الميدانية التي قام بها Mikbel et al, 1985 (٣) وجود تجمعات لخام الحديد في مناطق جلعاد وبيرين وغرب عمان (شكل ٢ - ١). كما تم ربط توزع هذه الخامات بالتراكيب الجيولوجية الموجودة على طول الجانب الشرقي لحفرة الانهدام، وقدر الاحتياطي الأولي لخامات الحديد في غرب عمان بحوالي ستة ملايين طن متري تقريباً تحتوي على ٢٥ مليون طن من فلز الحديد.

ويبين شكل ٢ - ٣ بعض الطبقات المتكشفة في غرب عمان. وتتكشف الطبقات من وحدة الحجر الجيري العقدي (العصر السينوماني) وحتى وحدة الحجر الجيري السيلسي (العصر الكونياس - السانتوني). وتوجد خامات الحديد في منتصف وحدة الحجر الجيري الكتلتي حيث تصل سماكة الطبقة الحاملة للخام ٢٠ م.

ويبين شكل (٣ - ٤) مقاطع جيولوجية في منطقة الدراسة حيث يتجمع خام الحديد في الشنايا المقعرة للتركيب. وكما هو معروف فإن هذا التركيب يقع ضمن الجزء الغربي من التركيب الانضغاطي المعروف بعمان - الحلابات شكل (٢ - ٥) حيث توجد طيات غير متمائلة ومضجعة اضافة الى صدوع الرفع العلوي. ولقد بين Batayneh, 1987 (١) بأن خام الحديد في مناطق غرب عمان وجليعاد متجانسة بالمغناطيسية، وأن وحدة الحجر الجيري السيلسي في غرب عمان تصل سماكتها الى ١٥ م وتعلو ٨٠ م من الحجر الجيري المارلي.

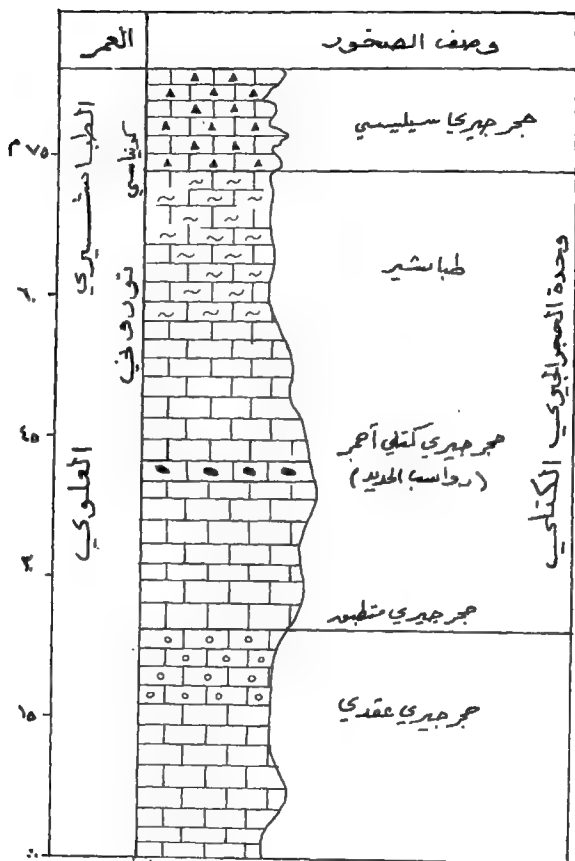
التركيب المعدني والكيماوي

تشابه خامات الحديد في منطقة غرب عمان وعجلون حيث أن المكون الأساسي هو الهيماتيت. أما المعادن الأخرى المصاحبة فهي الكوارتز والكالسيت والماجنتيت والسيدريت. وينمو معدن الهيماتيت على حساب المعادن الأخرى الأساسية للصخر ويملا الفراغات والشقوق.

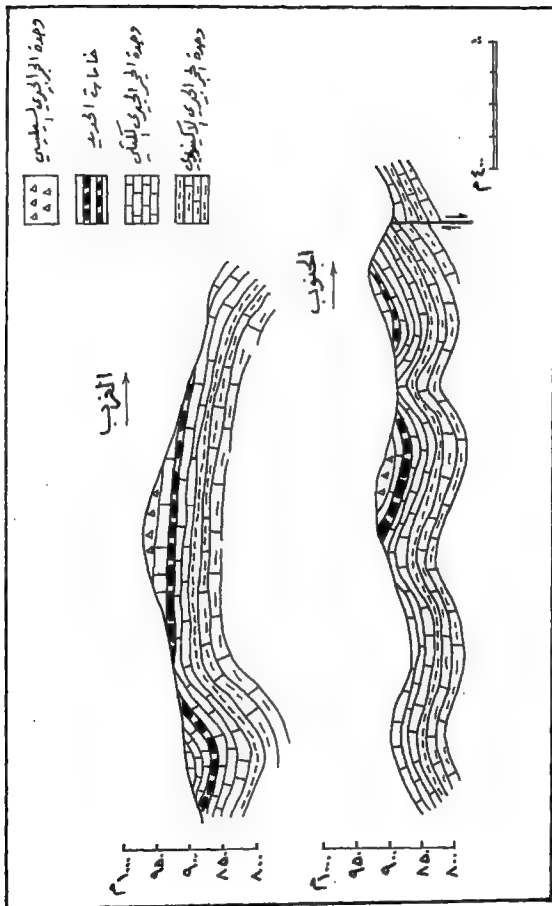
ويبين جدول رقم (٢ - ٢) التركيب الكيماوي للعينات المأخوذة من مناطق غرب عمان، وتتراوح نسبة الحديد بين ٦٨٪ و ٦٧٪ بمعدل ٦٧.٣٩٪.

نشأة الحديد في منطقة غرب عمان

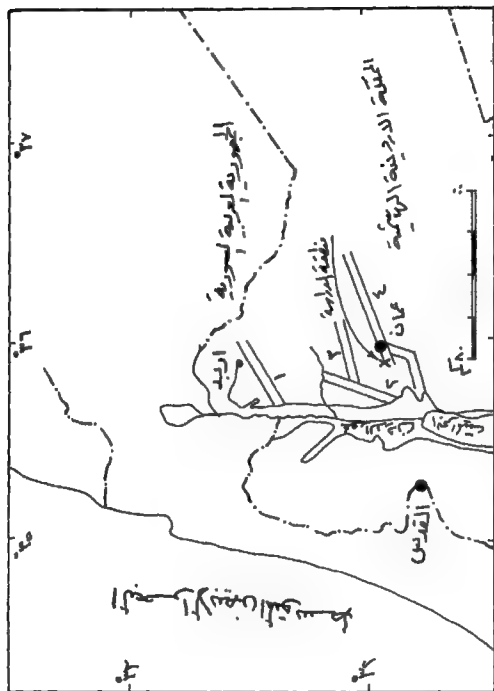
يعتقد الباحثون Mikbel, et al, 1985 (٣) بأن نشأة الحديد في مناطق غرب عمان تشبه الى حد بعيد نشأة الخامات الموجودة في ودة حيث أن المحاليل الحرمائية الصاعدة والحاملة للحديد والسيليكا حلت محل صخور وحدة الحجر الجيري الكتلتي.



شكل ٢-٣ مقطع جيولوجي في منطقة غرب عمان



شكل ٣ - ٤ مقاطع جيولوجية في منطقة غرب عمان (١).



١. تراكيب وادي اليابس
٢. تراكيب وادي شعيب
٣. تراكيب بيرين - ياجوز
٤. تراكيب عمان - الحلابات

شكل ٣ - التراكيب الانضغاطية في شمال الأردن (٣).

جدول (٣ - ٢) التركيب الكيماوي لعينات الحديد من منطقة غرب عمان^٣ (جزء بالمليون)

العنصر	لمعدل	رقم العينة											
	\bar{X}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Si *	7.55	1.83	22.19	10.97	13.21	2.34	2.20	2.96	11.44	1.97	2.65	1.70	17.12
Fe *	99.73	59.67	22.68	45.85	25.94	36.30	37.60	25.94	51.33	40.36	57.63	40.57	32.84
Ca *	7.06	1.38	6.73	1.47	0.31	13.25	15.42	19.85	nd	13.12	nd	12.24	1.00
Mg	4306	551	9125	797	32526	309	765	252	5113	518	434	565	723
Na	13782	723	52870	577	78400	490	504	480	38549	576	684	720	724
K	1836	146	1860	136	18605	146	131	112	355	146	140	126	146
Mn	69	206	54	18	98	8	13	61	116	93	25	20	41
Zn	230	661	442	109	54	140	98	97	101	389	470	75	128

* نسبة مئوية / %

References

1. Batayneh, A., 1987 : Geophysical studies of iron occurrences in northern Jordan. Unpublished M.Sc. Thesis, U of Jordan. 150 p.
2. Boom, Van den, and Lahloub, G., 1962 : The iron-ore deposits of Warda in southern Ajlun - District. Unpublished Report, NRA, Amman.
3. Mikbel, Sh., Saffarini, G., and El-Isa, Z., 1985 : New iron occurrences west of Amman, Jordan, Dirasat, 12 : 112-124.
4. Saffarini, G., 1988 : Geochemical characterization of a carbonate-hosted hydrothermal iron ore : The Warda iron deposit/ Ajlun, Jordan. Dirasat, In Print.



الفصل الرابع

الفوسفات

الفوسفات

يعتبر الأردن خامس دولة في العالم في إنتاج الفوسفات بعد الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفياتي والمغرب والصين، وثالث دولة في العالم في تصدير الفوسفات بعد المغرب والولايات المتحدة حيث إن الإنتاج المتوقع لعام ١٩٨٨ هو ٧٠٥ ملايين طن، و يقدر الاحتياط المؤكد من خام الفوسفات بحوالي ١٥٢٨ مليون طن موزعة على مناطق الرصيفة (٦٨ مليون طن) والحسا (١٢٥ مليون طن) والأبيض (١٥٩ مليون طن) والشدية (١١٨٦ مليون طن). وهناك احتياطي آخر في شمال غربي الأردن يزيد على ٢٧٠ مليون طن وبحاجة الى دراسات تفصيلية أخرى. وتصدر خامات الفوسفات الى أكثر من ثلاثين دولة بلغت في عام ١٩٨٧ حوالي ٥٦ ملايين طن. وبلغت كميات الفوسفات التي تم استخدامها محليا في صناعة الأسمدة في العقبة حوالي ٩٥٠ ألف طن في عام ١٩٨٧ وتتوقع شركة مناجم الفوسفات الأردنية أن يكون صافي الربح في عام ١٩٩٦ حوالي ٤٠٤ مليون دينار (حسب سعر الصرف عام ١٩٨٧).

ونرى مما سبق أهمية الفوسفات الأردني في دعم الاقتصاد الوطني، وتزداد أهميته عند التصنيع حيث يستخدم الفوسفات بشكل عام في صناعة الأسمدة الفوسفاتية والأدوية والمواد الكيماوية، و يستخدم ٩٠٪ من الفوسفات العالمي المنتج في صناعة الأسمدة حيث يتم تحويل الفوسفات الخام الى أسمدة سريعة الذوبان في الماء يستطيع النبات امتصاصها، ومن أهم الأسمدة الكيماوية السوبر فوسفات الأحادي والثلاثي والأمونيوم الأحادي والثلاثي ونيتر فوسفات والأسمدة المركبة من الأمونيا والبوتاسيوم والفوسفات. و يقوم مصنع الأسمدة بالعقبة بانتاج الأسمدة المختلفة حيث وصلت المبيعات في عام ١٩٨٧ حوالي ٦٦٠ ألف طن من سماد فوسفات الأمونيوم الثلاثي، و يتم انتاج مادة فلوريد الألو منيوم حيث بلغت المبيعات في عام ١٩٨٦ حوالي ١٢٥٣٩ طناً. وتقوم شركة الفوسفات الأردنية ومصانع الأسمدة بدراسات لاستخلاص عنصر اليورانيوم كناتج ثانوي.

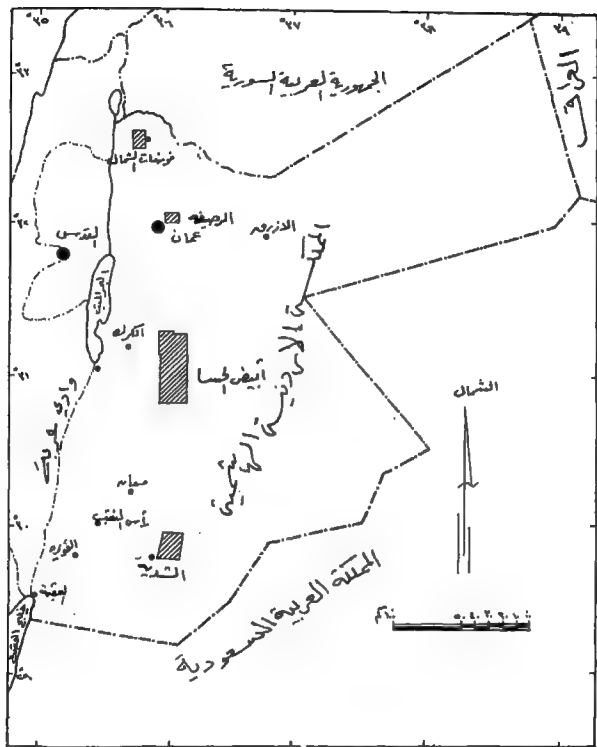
عرض موجز للدراسات التي تمت عن الفوسفات الأردني

نتيجة لأهمية الفوسفات الأردني من النواحي العلمية والاقتصادية، قامت دراسات عديدة منذ أن اكتشف الفوسفات لأول مرة في الرصيفة ثم الحسا عامي ١٩٠٢ و ١٩٠٨ من قبل بلانكنهورن وذلك خلال العمل لإنشاء سكة حديد الحجاز، وبدأت الدراسة الفعلية من قبل Blake, 1930; 1936 (١٤١٣) حيث أسست شركة فوسفات شرق الأردن التي أصبح اسمها في أواخر الخمسينات شركة مناجم الفوسفات الأردنية. ولقد قام Burden, 1959 (١٥) ثم Karam, 1967 (٢٧) بإعطاء العمر الكامباني – الماسترخي لفوسفات الرصيفة، ولقد صنف Reeves and Saadi, 1971 (٢٧) الفوسفات في الرصيفة والحسا الى أربع مجموعات (الناعم والمتماسك بالكربونات والسيليكا والطيني والمارلي) وبينوا بأن الأباتيت هو المكون

الأساسي للفوسفات. وفي عام ١٩٧٥م (٣٦١) (Rosch and Saadi, 1975) أضافت تقارير هيئة الأمم المتحدة النوع الخامس من الفوسفات وهو الجبسي، ومما يجدر ذكره بأن سلطة المصادر الطبيعية قامت باكتشاف كميات هائلة من خامات الفوسفات في منطقة الشدية في عام ١٩٧٤ وذلك قبل بدء مشروع هيئة الأمم المتحدة. ولقد بين (١٦) Coppins et al, 1977 أهمية العناصر المشعة (اليورانيوم والثوريوم) في فوسفات الحسا، كما أكد كل من (١٨، ١٩) 1977 Hamam, و Beerbaum, 1977 العمر المسترخي لفوسفات الحسا. وقام (١٩) Jalled, بدراسة امكانية تركيز فوسفات الرصيفة بواسطة الكلجنة. ثم تبع ذلك (٢٢، ٢٣) 1982, Abed, Khalid And Khalid, 1980 بدراسة التركيب المعدني لفوسفات الشدية حيث تبين بأنه فرانكوليت Francolite ولقد قام (٢١، ٢٢) 1985. Mikbel and Abed, و Sadaqa, 1983 باكتشاف كميات جديدة من الفوسفات في منطقة الأبيض وشمال غربي الأردن تبعها دراسات من قبل (١١) 1985, Abed and Khalid لمعرفة توزيع اليورانيوم في الفوسفات الأردني و (١١) 1985, Mikbel and Bandel لدراسة نشأة رواسب الرصيفة و (١١) 1985, Al-Agha لدراسة خام فوسفات الشمال ثم (١٧، ١٨) 1986, Al-Hawari و Fakhoury, 1987 لدراسة التركيب المعدني للآباتيت والمعادن الطينية المصاحبة، وأخيراً (٢٢) 1987, Abed and Ashour لتحديد عمر فوسفات الشمال.

جيولوجية الطبقات الحاملة للفوسفات

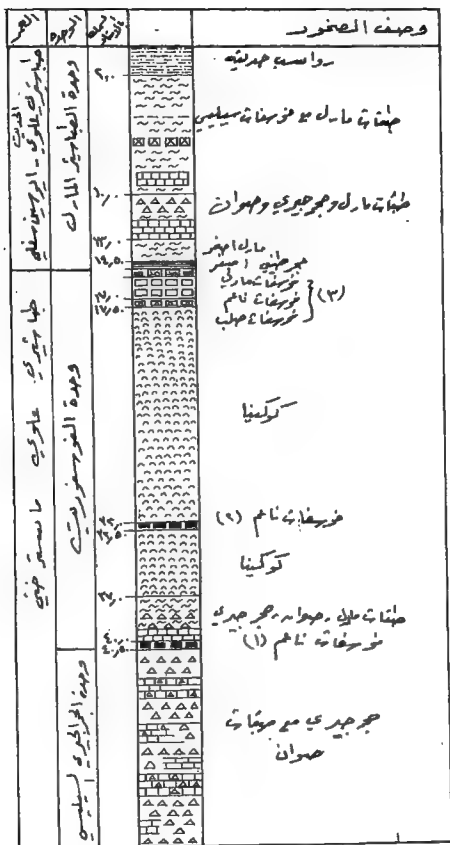
يبين شكل (٤ - ١) أماكن تكشف الفوسفات الأردني في صخور العصر الطباشيري العلوي في الرصيفة، والحسا والأبيض، والشدية، وشمال الأردن. وتوجد أيضاً رواسب فوسفاتية غير اقتصادية تتبع عصور الأيوسين الأوسط والأعلى وكذلك الأليجوسين في مناطق شمال شرقي الأردن (٨) (Basha, 1987) ويمكن تتبع خامات الفوسفات على امتداد ٢٥٠ كم من رأس النقب في الجنوب وحتى نهر الزرقاء في شمال عمان، وتتكشف مرة أخرى ونتيجة عوامل تكتونية في غرب اربد. وتميل طبقات الفوسفات نحو الشرق ميلاً بسيطاً ولا يعرف امتدادها شرقاً تحت السطح. و يتكشف الجزء الغربي من طبقة الفوسفات نتيجة لعمليات الرفع على طول حفرة الانهدام، وتصبح الصخور الفوسفاتية أحدث كلما اتجهنا شرقاً مما يقلل سماكة الغطاء الصخري. وتوجد خامات الفوسفات في جميع المناطق في الوحدة الجيولوجية نفسها من العصر الطباشيري العلوي (الماسترخي) وتوجد أسفل وحدة الفوسفوريت وحدة الطباشير - المارلي وتعلوها وحدة الحجر الجيري السيليسي (أشكال ٤ - ٢، ٤ - ٣، ٤ - ٤، ٤ - ٥). وتصل سماكة الطبقات الحاملة للفوسفات في منطقة الرصيفة في مجموعها إلى ١٠ م وهي عبارة عن أربع طبقات غنية بالفوسفات ومعدل سمك هذه الطبقات ١٢ - ٣ م ويبلغ تركيز فوسفات الكالسيوم الثلاثي حوالي ٥٦ - ٧٢٪ في الطبقات الناعمة وحوالي ٤٥ - ٥٥٪ في الطبقات الصلبة.



شكل ٤ - ١ خارطة تبين مواقع خامات الفوسفات في الأردن.

وصف الصخور	الارتفاع بالمتر	الوحد	العمق
رواسب حديثة		رواسب حديثة	الحديث
مارل مع طبقات من الحجر الجيري والصوان	٢٨	وحدة الطباشير - المارل	الطباشيري العلوي (الماستر خيف)
خوسفات (٤) طبقات متبادلة من الخوسفات والحجر الجيري والصوان والمارل	٢٠	وحدة الخوسفات	وحدة الحجر الجيري ليليسي
خوسفات (٣) حجر جيري ومارل	١٧		
خوسفات (٢) حجر جيري ومارل	١٤		
خوسفات (١) حجر جيري مع صوان وتخسفات	١١		
حجر جيري مع صوان صوان	٨		

شكل ٤ - ٢ مقطع جيولوجي في منطقة الرصيفة.



شكل ٤-٢ مقطع جيولوجي في منطقة الحسا الأبيض.

وصف الصخور		الامتداد	الوحدة	الوحدة	المر
مارل		١٢,٨	وحدة البازلتية الأسفل	وحدة الجرانيتية الأسفل	طباشيري علوي (ماسقرخاني)
خوسفات ناعم		١٤,٢	وحدة الخوسفات		
حجر جيرى وصوان		١٢,٥			
خوسفات صلب ومتوسط الصلابة		١٠,٥			
خوسفات ناعم		١٠,٥			
حجر جيرى سيليسي		١٠,٥			

شكل ٤ - هـ مقطع جيولوجي في منطقة وادي السموع (شمال الأردن)

أما منطقة الحسا والأبيض فيوجد الفوسفات في نطاقين (علوي وسفلي) متقطعين على شكل عدسي يختلف عن الرصيفة، ويوجد النطاق العلوي على شكل طبقتين من الفوسفات الناعم تفصلهما طبقات رقيقة من المارل، وتتراوح سماكة الطبقة العليا ٠.٤ - ٠.٨ م والسفلى ١.٥ - ٢.٥ م، أما نسبة تركيز فوسفات الكالسيوم الثلاثي فهي ٥٥ - ٦٢٪ للطبقة العليا و٦٦ - ٧٠٪ للطبقة السفلى.

يوجد الفوسفات في الشدية في نطاقين أيضاً ولكن على شكل طبقات مستمرة، وتتراوح سماكة طبقات الفوسفات تحت طبقة الكوكينا في النطاق الأسفل بين ٨ - ١٠ م تقطعها طبقات من الصوان المتجوي جزئياً إلى تريبولي والحجر الجيري السيليسي، وتتراوح نسبة فوسفات الكالسيوم الثلاثي بين ٦٥ - ٧٢٪.

ويوجد الفوسفات في مناطق شمال غربي الأردن في نفس المستوى الجيولوجي للصخور الفوسفاتية الأخرى على شكل طبقات مستمرة ومنظمة، و يتراوح معدل فوسفات الكالسيوم الثلاثي بين ٥٥ - ٦٩٪.

التركيب المعدني والكيمائي لخامات الفوسفات

يوجد معدن الأباتيت مع الكالسيت والكوارتز والدولومايت والمعادن الطينية بنسب مختلفة. وبعض هذه المعادن (الدولومايت والمعادن الطينية) هو نتيجة لعمليات ترسب متزامنة أو متأخرة في المسامات وعلى حساب المعادن الأخرى. أما المعادن الطينية المشتركة المصاحبة لخامات الفوسفات فهي كاوبينيت واليت ومختلط الطبقات إليت / سميكتيت (درجة التمدد ٧٠ - ٨٠٪). وتنفرد خامات منطقة الشدية بوجود باليجورسكيت Palygorskite - والذي سجل لأول مرة بواسطة Al-Hawari, 1986^(٧). ويبين جدول رقم (٤ - ١) معدل التركيب الكيمائي للصخور الفوسفاتية في المناطق المختلفة من الأردن. وأثبتت الدراسات التي أجريت على حبيبات الفوسفات المختلفة، وقطع الصخور الفوسفاتية، وبقايا العظام والأسنان أن الأباتيت الأردني هو بالواقع فرانكوليت Francolite حيث تزيد نسبة الفلور على ١٪ وثاني أكسيد الكربون أقل من ٦٪ (Saadi, 1969; Al-Agha, 1985; Fakhoury, 1987^(٧,١٧,١٨)). ويبين جدول رقم ٤ - ٢ المعادلات التركيبية للأشكال المختلفة للفرانكوليت الأردني كما حسبت بواسطة Fakhoury 1987^(١٧).

وتقوم شركة الفوسفات بإنتاج أربعة أنواع من خامات الفوسفات ذات المحتوى من فوسفات الكالسيوم الثلاثي ٦٦ - ٦٨٪ من مناجم الرصيفة و ٧٠ - ٧٢٪، ٧١ - ٧٣٪ و ٧٣ - ٧٥٪ من مناجم الحسا والأبيض وذلك بعد عمليات التركيز^(٢٠) (JPC, 1986). ويتم تجميع وفصل الحجم الناعم من الفوسفات (يسمى Jorphos) حيث يباع مباشرة لاستخدامه في التربة الحامضية. ويبين جدول رقم ٤ - ٣ التركيب الكيمائي للأنواع المختلفة من الفوسفات الأردني التجاري.

بشكل عام بين ٧٠-١٨٠ غم/ طن خام و ٩٠-١٨٠ غم/ طن فوسفات مسوق. و يبين شكل ٤-٦ مقارنة التغير الذي طرأ على المحوره البلوري في الفرانكوليت بتغير نسبة اليورانيوم فيه حيث أن زيادة اليورانيوم في الفرانكوليت يؤدي الى قصور محوره حتى يصل الى ٩٣٢٢ أنجستروم تقريباً عندما تكون نسبة اليورانيوم في معدن الفرانكوليت ١٢٠غم/ طن تقريباً. وأن الارتفاع الطفيف في طول المحوره بعد ذلك يمكن أن يكون بتأثير عناصر أخرى غير اليورانيوم يفوق حجم ذراتها حجم ذرات الكالسيوم مثل السترونشيوم الموجود بكميات عالية في الفرانكوليت الأردني.

نشأة رواسب الفوسفات الأردني

يترسب الفوسفات عادة في مواقع جغرافية محددة (٤٠° شمال وجنوب خط الاستواء) في مناخ دافئ على الشواطئ الغربية للقارات. وتترسب معظم رواسب الفوسفات الحديثة في العالم نتيجة عمليات صعود تيارات المياه البحرية العميقة الباردة والغنية بالفوسفات الى أعلى لتحل محل المياه السطحية المتحركة نحو البحر نتيجة عمل حزام الرياح التجارية.

جدول (٤ - ٢) المعادلات التركيبية لأنواع مختلفة من الفرانكوليت الأردني (١٧)

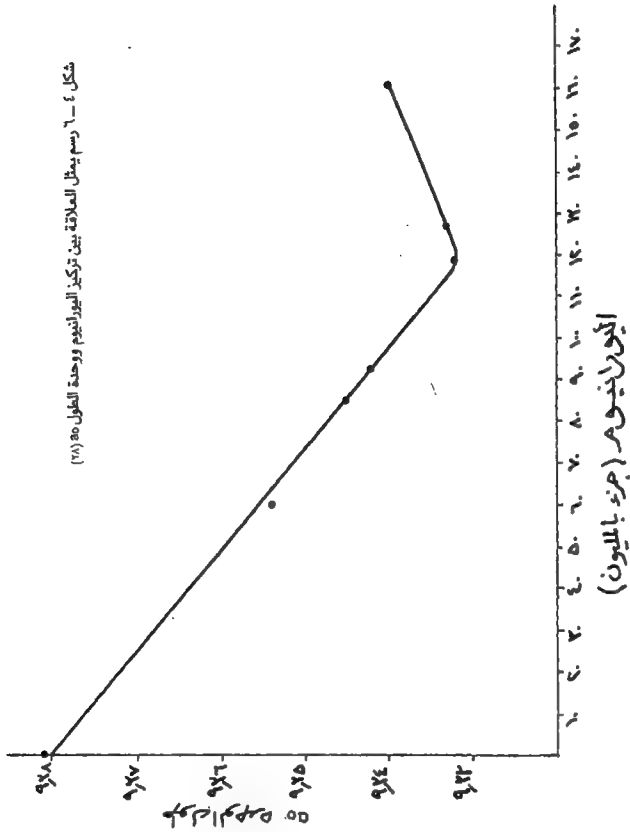
الموقع	نوع الفوسفات	المعادلة التركيبية المحسوبة								الشحنة الموجبة	الشحنة السالبة
الرصيفة	حبيبي	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.86	19.38
		9.87	.005	.12	4.99	1		.4			
الرصيفة	عضوي	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.99	19.33
		9.94	.005	.168	4.89	1.11		.44			
الرصيفة	صخري	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.86	19.32
		9.87	.0049	.12	4.91	1.08		.43			
الشدية	حبيبي	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.88	19.39
		9.89	.0039	.099	5.01	0.987		.39			
الشدية	عضوي	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.79	19.06
		9.8	.005	.193	4.88	1.1		.44			
الشدية	صخري	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.81	19.78
		9.9	.0027	.009	4.71	1.098		.43			
الحسا	حبيبي	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.5	19.39
		9.7	.003	.143	5	.99		.39			
الحسا	عضوي	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.55	19.31
		9.69	.004	.155	4.88	1.118		.44			
الحسا	صخري	Ca	Mg	Na	P04	C03	F2	F		19.85	19.23
		9.86	.0035	.127	4.91	1.08		.43			

جدول (٤ - ٣) التركيب الكيماوي للأنواع المختلفة من الفوسفات الأردني المسوق (٢٠٠)

الأكاسيد	% ٦٨-٦٦	% ٧٧-٧٠	% ٧٣-٧١	% ٧٥-٧٣	جورفوس % ٦٢-٦٠
P ₂ O ₅	30.40	32.35	33.14	33.80	27.85
CaO	49.80	49.70	50.94	51.67	49.22
SiO ₂	5.30	5.00	3.00	2.50	6.00
CO ₂	7.30	4.65	4.65	4.40	10.00
F	3.60	3.65	3.75	3.80	3.40
Cl	0.045	0.12	0.05	0.03	0.047
Fe ₂ O ₃	0.17	0.30	0.25	0.16	0.21
Al ₂ O ₃	0.40	0.48	0.40	0.24	0.35
Org. C	0.15	0.20	0.20	0.20	0.18
SO ₃	0.85	1.21	1.25	1.10	0.90
Na ₂ O	0.27	0.40	0.40	0.40	0.26
K ₂ O	0.025	0.03	0.03	0.03	0.023
MgO	0.23	0.40	0.30	0.25	0.28
SrO	0.19	0.22	0.25	0.25	0.18
MnO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
TiO ₂	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
العناصر النادرة	ppm	ppm	ppm	ppm	—
U	129	82	93	105	—
V	200	70	65	60	—
Cd	4	4	4	4	—
Cr	230	100	75	50	—
As	11	6	7	9	—

جدول (٤ - ٤) توزيع أكسيد اليورانيوم في بعض مناطق الفوسفات الأردني^٤

جزء بالمليون U ₃ O ₈		
القيمة الدنيا - القيمة العليا	المعدل	الحمام
١٨٠ - ١٢٠	١٤٥	الرصفية
١٦٠ - ٧٠	٩٥	الحسا
١٢٠ - ٧٠	٩٠	الشدية

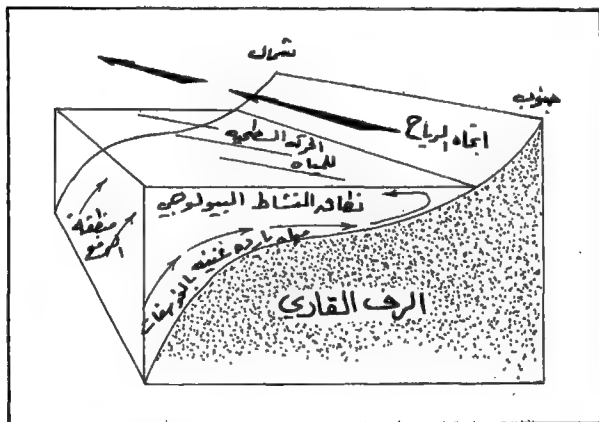


وتحدث عملية رفع المياه Upwelling عادة على الشواطئ الغربية وعلى الشواطئ الشمالية في نصف الكرة الشمالي والشواطئ الجنوبية في نصف الكرة الجنوبي. و يترسب الفوسفات عندما تزيد درجة حرارة المياه الفوسفاتية المرفوعة و يقل الضغط لفقدان ثاني اكسيد الكربون وتزداد القلوية. و يبين شكل ٤-٧ كيفية ترسب الفوسفات نتيجة عمليات صعود المياه الباردة الى أعلى. ولا بد أن الفوسفات الأرنبي ترسب في مثل هذه الكيفية عند نهاية العصر الطباشيري العلوي حيث طغى البحر على اليابسة، و يستدل على بداية الترسيب البحري بوجود وحدات الجلوكونيت Glauconite الأربعة (٢) (Abed and Mansour, 1982) وعقد العنبر (١١) (Bandel and Haddadin, 1979)، التي يعتقد بأنها ترسبت في بيئة بحرية شاطئية. و يمثل شكل ٤-٨ خريطة تمثل امتداد البحر في نهاية العصر الطباشيري العلوي.

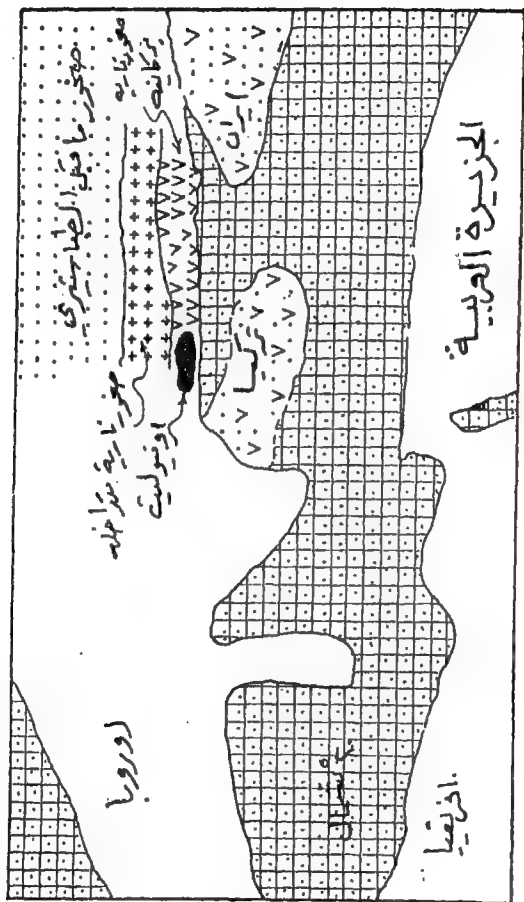
لقد أجمعت الدراسات التي أجريت حول نشأة رواسب الفوسفات الأرنبي في مختلف المناطق بأنها بيوكيمائية حيث تم الترسيب في بيئة بحرية ضحلة جداً (٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ١٩).

Saadi, 1969; Beerbaum, 1977; Khalid, 1980; Sadaqa, 1983,

Mikbel and Abed, 1985; Bandel and Mikbel, 1985).



شكل ٤-٧ نموذج يبين صعود التيارات الباردة الغنية بالفوسفات.



شكل ٤ - ٨ خريطة تمثل انتشار بحر التيفس خلال أواخر العصر الطباشيري العلوي (*)

وفي أحدث دراسة قام بها Fakhoury, 1987^(١٧) حول نشأة الفوسفات الأردني تبين بأن هناك تشابه كبير في التركيب الكيماوي والمعدني في النسيج والتضاريس الدقيقة للحبيبات الفوسفاتية وقطع الفوسفات الصخرية Intraclasts. وتختلف إلى حد ما من الناحية الكيماوية عن تركيب بقايا العظام والأسنان الفوسفاتية كما تبين أنهما شكلان لأصل واحد وهو الطين الفوسفاتي ويختلفان فقط في حجم الحبيبات والمادة اللاصقة بين حبيبات الفوسفات ناتجة عن النشاط البكتيري. وبالتالي فإن الفوسفات ترسب أولاً كطين فوسفاتي تعرض لعمليات التعرية والنقل وإعادة الترسيب الميكانيكي لحبيبات الفوسفات ثم إعادة التماسك.

وهناك مشكلات عديدة غير محلولة بالنسبة لنشأة الفوسفات الأولية أو الثانوية، والعوامل التي تؤدي إلى التركيز غير العادي لعنصر الفوسفور في المحيطات ووجود المغنيسيوم الذي يعيق ترسيب الفوسفات، ووجود الفوسفات في طبقات متعددة خلال العمود الجيولوجي، وتأثير العوامل الجيوكيماوية المختلفة على درجات الترسيب، وعلاقة وجود طبقات الصوان مع الفوسفات. وقد يكون الفوسفات الأردني من أفضل الأمثلة لأجراء الكثير من الأبحاث لحل المشكلات العلمية المستعصية المتعلقة بنشأة الفوسفات. فمثلاً ساعدت هجرة عنصر المغنيسيوم لتكوين المعادن الطينية المختلفة في الفوسفات الأردني في ترسيب الفوسفات^(١٧). كما أعطت مصاحبة طبقات الصوان المتجوي جزئياً إلى تريبولي لطبقات الفوسفات الجواب حول نشأة التريبولي ذي الأصل العضوي (دياتوميت).

References

1. Abed, A., and Khalid, H. H., 1985: Distribution of uranium in the Jordanian phosphates, *Dirasat*, 7: 91 - 103.
2. Abed, A., and Mansour, H., 1982 : Petrography and chemistry of some lower Cretaceous glauconites from Jordan, *Dirasat*, 9 : 67 - 80.
3. Abed, A., and Ashour, M., 1987 : Petrography and age determination of the NW Jordan phosphates. *Dirasat*, 14 : 242-265.
4. Abu- Ajamieh, M., 1974 : Uranium resources in Jordan, Unpublished Report. NRA, Amman.
5. Adamia, S., Chkhotua, M., Kekelia, M., Lordkipanidz, M., Sharishvili, I., and Zachariadze, G., 1981 : Tectonics of the Caucasus and adjoining regions : Implications for the evaluation of the Tythys ocean: *J. of Structural Geol.*, 3: 437-447.
6. Al-Agha, M., 1985: Petrography, mineralogy, geochemistry and genesis of the north Jordan Phosphates. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.
7. Al-Hawari, Z., 1986: Clay minerals associated with the Jordanian phosphates and its possible industrial utilization. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.
8. Basha, S., 1987: On the Tertiary phosphate rocks of the Risha area, NE Jordan. *Dirasat*, 14 : 211-227.
9. Beerbaum, B., 1977: Die Genese der marin-sedimentaren Phosphat-lagerstätte von Al Hasa., *Geol. JB.*, 24, 58 p.
10. Bandel, K., and Haddadin, A., 1979: The depositional environment of amber-bearing rocks in Jordan. *Dirasat*, 11 : 39-62.
11. Bandel, K., and Mikbel, S., 1985: Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa. *Mitt. Geol. Paleont. Inst. Hamburg.* 59: 167-188.
12. Bender, F., Echhardt, F., and Heimbach, E., 1970: Rohstoffe Zur Dugemittelherstellung und phosphat Basis in Jordanien. BGR Unpublished Report, Hanover.
13. Blake, G., 1930 : The mineral resources of Palestine and Trans-Jordan. Printing and Stationary Office, Jerusalem.
14. Blake, G., 1936: The stratigraphy of Palestine and its building stones. Printing and Stationary Office, Jerusalem,
15. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan to accompany and explain the three sheets of the 1: 250.000 geological map, east of the Rift by A.M. Quennell.
16. Coppens, R., Bashir, S., and Richard, P., 1977 : Radioactivity of Al-Hasa phosphates, a preliminary study. *Mineral. Deposita.* 12 : 189-196.

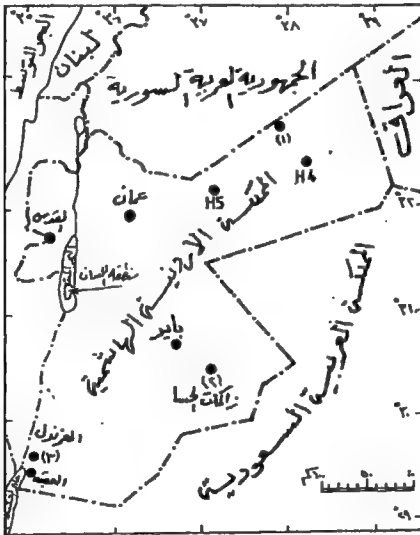
17. Fakhoury, K., 1987: Chemical variability in francolites from Jordan, and role of microbial processes in phosphogenesis. Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman, 127 p.
18. Hamam, K., 1977: Foraminifera from Maestrichtian phosphate-bearing strata of El-Hasa, Jordan., J. of Foraminiferal Research, 7:1.
19. Jallad, I., 1977: Investigation on the upgrading processes of the low grade phosphates. Unpublished Ph.D. thesis, Cairo U., Cairo.
20. JPC, 1986: Jordan Phosphate Mines Co. LTD. Annual Report.
21. Karam, S., 1967: Studies on some phosphate bearing rocks in Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, Ain Shams U., Cairo.
22. Khalid, H., 1980 : Petrography, mineralogy, and geochemistry of Esh-Shidya phosphates, Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.
23. Khalid, H., and Abed, A., 1982: Petrography and geochemistry of Esh-Shidya phosphates. Dirasat, 9: 81-102.
24. Mikbel, S., and Abed, A., 1985 : Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. Dirasat, 12: 125-136.
25. Reeves, M., and Saadi, T., 1971 : Factors controlling the deposition of some phosphates bearing strata from Jordan. Econ. Geol., 68 : 541-465.
26. Rosch, H., and Saadi, T., 1975 : Types of phosphate rocks and their chemical and petrological characteristics. Technical Report. DP/UN/Jordan- 70- 521/2, published by the United Nations.
27. Saadi, T., 1969 : Mineralogy, crystal chemistry, and genesis of some Jordanian phosphate ores. Unpublished M.Sc. thesis, Durham, England.
28. Saadi, T., and Shaaban, M., 1981 : Uranium in Jordanian phosphates and its distribution in the beneficiation processes. The Fourth Arab Min. Res. Conf., Amman.
29. Sadaqa, R., 1983 : Geology and new phosphate deposits of Wadi El-Abiad area, central Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.

الفصل الخامس

الباريت

الباريت

يوجد البارييت $Ba SO_4$ في عدة مناطق في الأردن (شكل ٥ - ١) بكميات محدودة ليس لها أهمية اقتصادية هي H-4 في الشمال وزاكامات الحسا في الشرق وفي منطقة الفرندل - وادي عربة في الجنوب. كما يوجد أيضاً في منطقة بيت ساحور بالضفة الغربية على شكل غير منتظم ومحدود في صخور الحجر الجيري الكتلي والاكينو يدي التابع للعصر التوروني والسانتوني. ولقد بين (١) Bender, 1974 أماكن توزع هذه الرواسب في الأردن.



(١) البارييت شمال H4 (٢) البارييت في زواكامات الحسا

(٣) البارييت في وادي أم سيالة .

شكل ٥ - ١ أماكن وجود البارييت في المملكة الأردنية الهاشمية

الباريت في منطقة الاجفور H-4

تتكشف قواطع الباريت وعروقه في منطقة تقع ٤٦ كم شمال غرب محطة H-4 بالقرب من الحدود السورية. ويملا معدن الباريت الشقوق والفواصل على طول نطاق التصدع في طبقات الحجر الجيري والصوان والمارل التابعة لوحدة الحجر الجيري - الصوان من العصر الأيوسيني الأسفل. و يبلغ طول أكبر قاطع باريت حوالي ٧٠م وعرضه ٦ ر. م. وتبين دراسات سلطة المصادر الطبيعية وتحليلها لبعض العينات من منطقة H-4 (NRA, 1981) أن تركيز الباريوم يصل الى ٢٣ ر ٤٥% في العينات النقية، وأن هناك تركيزاً للنحاس في بعض العينات يصل الى ٥٠٠ جزء بالمليون.

و يمكن أن يكون للباريت في منطقة H-4 مدلول اقتصادي كمصدر للخامات الحرماثية، وبالتالي يجب دراسة متابعة امتداد الخام تحت السطح بالوسائل الجيوفيزيائية والجيوكيميائية كافية، إذ يوجد تمعدن لخامات من النحاس. وكما هو واضح فإن نشأة الباريت والنحاس المصاحب له هو الترسيب من المياه الحرماثية الصاعدة في الشقوق والفواصل على طول امتداد منطقة التصدع.

الباريت في زاكمت الحسا

تنتشر عقد الباريت في مساحة محصورة في كيلومتر مربع واحد وعلى شكل ورد صحراوي (Desert Roses) في منطقة زاكمت الحسا، على بعد ٥٢ كم جنوب شرق باير في الجزء الشرقي من وسط الأردن. وتوجد الورد الباريتية على السطح العلوي من وحدة الحجر الرملي الكربني التابع للعصر الطباشيري الأسفل (السينوماني) كما يوجد الباريت كمادة لاحمة في الحجر الرملي وعلى شكل تجمع بلورات كاملة الأوجه يمكن أن تصل سماكتها الى بضعة سنتمترات. أما عن نشأة الباريت في هذه المنطقة فيعتقد بأنه ذو أصل حرماثي حيث خرجت المياه الحارة من منطقة التصدع وعملت كمادة لاحمة أو مائلة للفراغات في الحجر الرملي الكربني الملون. ولقد عملت التعرية في تشكيل الورد الصحراوي المكون من الكوارتز أساساً والباريت كمادة لاحمة.

الباريت في منطقة الغرندل

تقع المنطقة التي يوجد بها الباريت على بعد ١٢ كم شمال - شمال شرق الغرندل في المجرى السفلي لوادي أم سيالة. حيث يتشكل على شكل عروق وقواطع صغيرة لا تزيد في سماكتها عن ١٠ سم تمتد على طول منطقة التصدع، وكما يبدو فإن نشأة الباريت هي الترسبات الحرماثية.

References

1. Bender, F., 1974: *Geology of Jordan*. Beitræge zur Regionalen Geologie der Erde. Gebruder Borntraeger Pub., Berlin. 196 P.
2. NRA, 1981 : *Mineral occurrences in Jordan*, Internal Report, NRA, Amman.



الفصل السادس

الكبريت

الكبريت

يعد الكبريت من العناصر الأساسية والضرورية في صناعة الأسمدة الكيماوية، وبالتالي فإن هناك حاجة ماسة للبحث عن رواسبه في الأردن. وكما هو معروف فالكبريت موجود في منطقة لا تزيد مساحتها عن خمسة كيلومترات مربعة في منطقة المغطس على نهر الأردن (شرق أريحا) حيث توجد رواسبه على شكل طبقات رقيقة وعقد متبادلة مع طبقات الأنهيدريت والجبس والمارل، وتصل سماكة الطبقات الى ١٢ م. وهي على شكل ترسبات في الشقوق والكسور للطبقات المكونة لتكوين اللسان مارل والذي يتبع عصر البلايستوسين.

ولقد أشار Bender, 1975 (٧) الى أن الكبريت موجود في مناطق شاسعة في الجزء العلوي من طبقات اللسان مارل، ويمكن متابعة هذه الطبقة في وادي الأردن من الشاطئ الشمالي للبحر الميت وإلى أكثر من ٤٠ كم شمالاً. ويبين شكل (٦-١) الوضع الطبقي لتكوين اللسان في منطقة دامية.

يوجد الكبريت أيضاً كبلورات ناعمة جداً على شكل قشور أو مائلة للفراغات والشقوق على أسطح التصدع وبين مستويات التطبيق وعلى شكل عقد وجيوب مصاحبة للجبس. ويوجد الكبريت التراي كذلك على شكل طبقات ورقية تتبادل مع الطفال والمارل وتصل سماكة بعض العقد الكبريتية الى ١٠ سم في تكوين اللسان، وبشكل عام فإن توزيع رواسب الكبريت غير منتظم.

ونتيجة لأهمية الكبريت في الصناعات الأردنية فلقد ركزت سلطة المصادر الطبيعية جهودها في البحث عنه في منطقة اللسان حيث حفرت ثلاث آبار استكشافية كان أعمقها ١٥٠ م وذلك في عام ١٩٨٥. ولقد أخذت عينات صخرية ومائية (غنية بثاني كبريتيد الهيدروجين) حيث تبين عدم وجود الكبريت بكميات ذات أهمية.

وقد تابع قسم التعدين في سلطة المصادر الطبيعية دراسة تكتشفات الكبريت في جنوب منطقة اللسان وتبين وجود الكبريت في شكلين أحدهما عقدي وعدسي بأقطار تتراوح بين ٢-١٥ سم على السطح الخارجي لطبقات المارل، وثانيهما متبلور ومركز في الفراغات والكسور وعلى أسطح التصدع داخل طبقات المارل. وتم حفر بئر استكشافية أخرى لغرض متابعة التوزيع العمودي للكبريت وخاصة على طول الشقوق والفواصل. ولعرفة عمق الغطاء الملحي استخدمت نتائج الدراسات الجيوفيزيائية والتحت سطحية وتبين بأنه يقع على عمق يتراوح بين ٢٠٠-٢٥٠ م مع توقعات لترسبات الكبريت فوق الغطاء الملحي. وكانت نتيجة الحفر سلبية من حيث وجود الكبريت وكان المكون الأساسي لطبقات المارل البلايستوسيني هو الجبس والمارل والحجر الجيري الناعم.

ان نشأة الكبريت في تكوين اللسان تعزى الى عمليات الاختزال بواسطة البكتيريا المختزلة لرواسب الجبس والانهيدريت ولاكسدة غازات ثاني كبريتيد الهيدروجين المتصاعدة والمصاحبة للمياه الجوفية والينابيع الحارة التي كانت منتشرة في عصر البلايستوسين.

العر	التكوين	وصف للصخور
البلايستوسين العلوي	دامية	رمل جيرى وحجر جيرى
	اللسان	جبس متطبق
		جبس متطبق ومتبادل مع طفال
	سمه	رمل جيرى مع كوتلوميدية

شكل ٦ - ١ شكل توضيحي يبين الوضع الطبقي لتكوين اللسان في منطقة دامية (١).

References

1. Abed, A., 1985: Geology of the Damya Formation, Dirasat. 12 : 99-108.
2. Bender, F., 1975: Geology of the Arabian Peninsula, Jordan. Geol. Survey Professional Paper 560-I, Washington, 136 P.

الفصل السابع

المعادن الطينية

المعادن الطينية

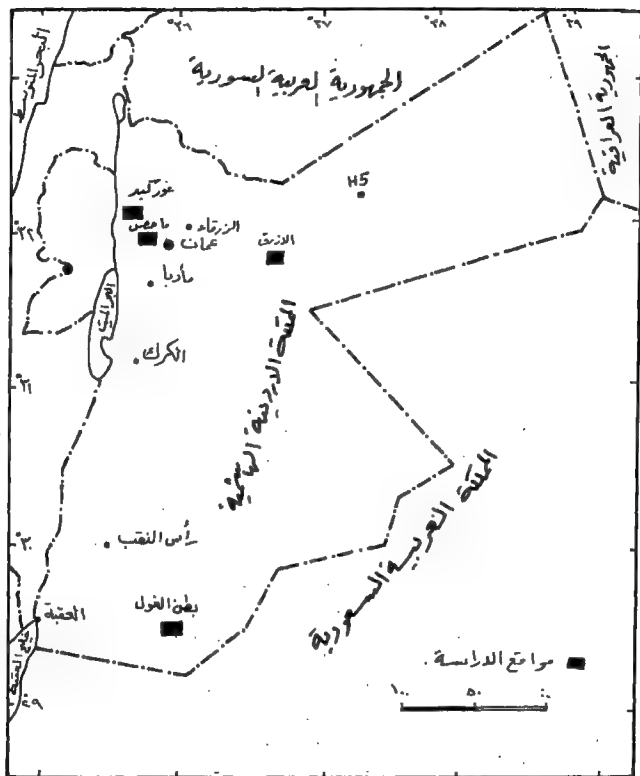
توجد خامات المعادن الطينية في الأردن بكثرة وهي متوافرة في التتابع الطبقي منذ العصر الباليوزوي حتى الحديث. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية في السنوات العشرين الماضية بدراسات جيولوجية واقتصادية عديدة لبعض الخامات في مناطق ماحص وغوركبد والأزرق والرشادية والفجيج و بطن الغول. كما قام المؤلف بدراسة تفصيلية للمعادن الطينية الاقتصادية في ماحص وغوركبد والأزرق و بطن الغول (شكل ٧ - ١). وسوف نستعرض فيما يلي موجزاً لما تم من دراسات حتى الآن :-

* المعادن الطينية في وحدة الحجر الرملي الكرني

تنتكشف طبقات الحجر الرملي الكرني في مناطق عديدة في شمالي الأردن حيث تعلوها وحدة الحجر الجيري العقدي التابع للعمر الميسينومياني، وتعلو هذه الوحدة الصخور الدولوماتية والجيرية التابعة للعصر الجوراسي. ولقد قام (Abed 1978, 1982) بدراسة هذه الصخور الرملية حيث وصف الحجر الرملي بأنه ملون، وغير متماسك يتكون أساساً من الكوارتز أرينيت وتصل سماكة هذه الصخور الى ٣٠٠ م، وبين أن بيئة الترسيب هي نهريّة مع تداخلات بحرية قليلة استدل عليها من وجود طبقات رقيقة من الفحم وثلاث نطاقات من الجلوكونيت Glauconite. وكذلك فإن وجود العنبر Amber في طبقات مختلفة من العصر الطباشيري الأسفل يدل على تقدم المياه البحرية المتكرر على المناطق الساحلية (1979). (Bandel and Haddadin). وتوجد المعادن الطينية في معظم الأحيان على شكل عدسات أو طبقات مستمرة بين صخور الحجر الرملي الملون وتصل سماكتها في بعض الأحيان الى عدة أمتار. وقد تبين في دراسات قام بها المؤلف عن المعادن الطينية الموجودة في الحجر الرملي الكرني في مناطق ماحص وغوركبد (Khouri and Khalil, 1986; ١٩٨٦, ١٩٨٦) بأن هناك تشابهاً كبيراً بين خامات المعادن الطينية في مناطق ماحص وغوركبد من حيث التركيب المعدني والكيمائي والوضع الجيولوجي. لقد كان Ibrahim, 1965 أول من ذكر امكانيات توافر خامات المعادن الطينية وبكمية اقتصادية في مناطق غوركبد وماحص. وفي عام ١٩٧٠ قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات جيولوجية واقتصادية على خامات ماحص وقدر الاحتياطي بحوالي ٢ مليون طن متري (Hall and Nimry, 1970). أما في منطقة غوركبد فلقد قدر الاحتياطي بحوالي ٥٠ ألف طن متري. وتقوم الشركة العامة للتعدين حالياً باستخراج خامات الصلصال من منطقة ماحص.

جيولوجية مناطق ماحص وغوركبد

ان التراكيب الجيولوجية الموجودة في المناطق من ماحص وحتى غوركبد هي عبارة عن صدوع عادية تتجه شمال جنوب بميل يصل الى ٦٠° وتوجد الخامات الطينية في طبقتين رئيسيتين في منطقة ماحص وتتراوح سماكة الطبقة العليا بين ٦ - ١٢ م ومعدل سماكة



شكل ٧ - ١ خريطة تبين خامات المعادن الطينية الاقتصادية

الثانية السفلى حوالي ١٦م، أما في منطقة غوركبد فتتراوح سماكة الطبقات الطينية بين ٠.٤ - ١.٠م. ويبين الشكلان (٧-٢) و (٧-٣) التتابع الطبقي لوحده الحجر الرملي الكرني من العصر الطباشيري الأسفل في مناطق ماحص وغوركبد. ويبين الشكل (٧-٤) بيئة الترسيب لعينات مختلفة من الحجر الرملي والسلتي والطيني من تلك المناطق حيث يظهر بوضوح بيئة الترسيب النهرية. ولقد أثبت المؤلف (Khoury, 1974) باستخدام التحليل الكمي للبورون بأنه يتركز في الحجم ٢ - ٢٠ ميكرون وليس بالحجم أقل من ٢ ميكرون، وقد كان سبب تركيز البورون بالأجزاء الحبيبية المختلفة راجعاً إلى الفيلدسبار والميكا وليس نتيجة لامتصاص من ماء البحر المالح مما أدى إلى الاستنتاج بأن الخامات الطينية في منطقة ماحص ترسبت من مياه عذبة.

التركيب المعدني والكيمائي للمعادن الطينية

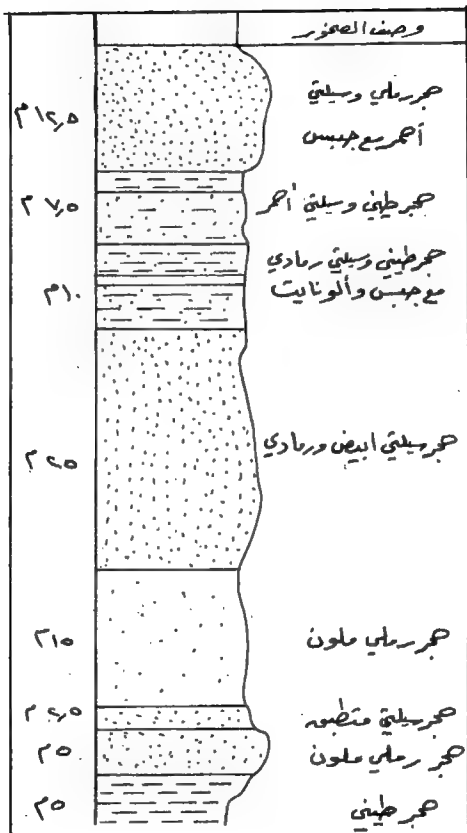
بينت الدراسة البتروغرافية لعينات من الصخور الطينية من مناطق ماحص وغوركبد درجة التشابه العالية لتلك الخامات من حيث التركيب المعدني والنسيج حيث تتكون أساساً من المعادن الطينية والكوارتز. وتظهر هذه الدراسة بوضوح درجات التفكك والتغير لمعادن الفيلدسبار والبيوتيت إلى سيريسيت ومعادن طينية أخرى. ويبين الشكلان (٧-٥) و (٧-٦) الدرجات المختلفة للتغير إلى المعادن الطينية التي تصل نسبتها إلى أكثر من ٥٠% من المحتوى المعدني. وتوجد معادن ثانوية مثل البيريت والهيماتيت والكالسيت والجبس والألوانيت مصاحبة لبعض العينات الطينية. أما المعادن الثقيلة المصاحبة فهي المعادن المعتمة والزركون والروتايل والأنتايز والتورمالين والاباتيت (شكل ٧-٧).

ومما يجدر ذكره أن العينات الطينية غنية بالمواد العضوية التي يعتقد بأنها لجنتية وخاصة في طبقة الطين السفلى في منطقة ماحص.

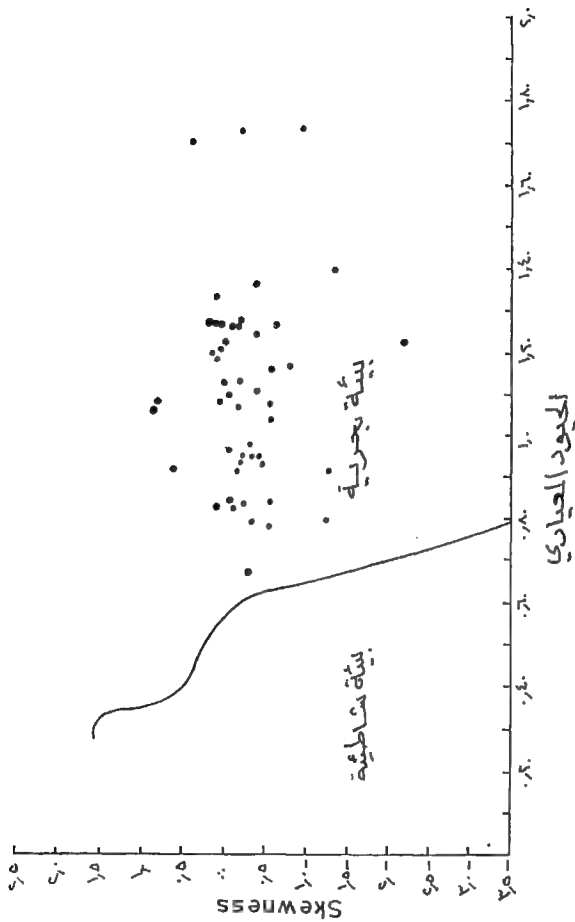
ويعد معدن الكاولينيت المكون الأساسي لخامات ماحص وغوركبد. ولقد بينت الدراسة بواسطة الأشعة السينية الحيودية للحجم أقل من ٢ ميكرون بأن الكاولينيت ذو درجة عالية من التبلور (شكل ٧-٨) وأن المعادن الطينية الأخرى المصاحبة هي المسكوفيت - إليت ومختلط الطبقات إليت / سميكتيت. ويبين شكل (٧-٩) السلوك الحراري لمعدن الكاولينيت من منطقة ماحص حيث يصبح المعدن غير متبلور على درجة حرارة (٥٠٠)°م وذلك لفقدان مجموعة الهيدروكسيل من التركيب البلوري. وتبين الدراسة بواسطة الأشعة تحت الحمراء بأن الكاولين على درجة عالية من التبلور (شكل ٧-١٠) وتبين صور الميكروسكوب الإلكتروني الشكل السداسي الكاذب داخل بلورات الميكا الكبيرة (شكل ٧-١١) وتوجد بلورات الهالوزيت الأسطوانية مع الكاولينيت (شكل ٧-١٢) ويبين شكلاً (٧-١٣) - ٧ - ١٤) النسيج عالي المسامية في العينات الطينية من غوركبد وماحص ونمو بلورات الكاولين ذات الشكل السداسي الكاذب وجهاً لوجه على أسطح معادن المسكوفيت والإليت.

سلسلة بالدمار	وصف الصخور
٢٢	حجر رمل رملية وسيلتي وطبقية ملون
٢٤	حجر رمل رملية ابيض كلسية
٢١	حجر رملية ا - حوافي و ابيض
٢٤	حجر رمل رملية ضعيف التماسك بني مظهر
٢١	حجر طيني رملية (طبقة خام العليا)
٢٣٥	حجر رمل رملية غني بالحديد
٢١٦	حجر طيني متفالم مع طبقات من الحجر الرملي مع مواد عضوية و بيريت والزيات (طبقة الخام السفلى)
٢٤٥	حجر رمل رملية بني

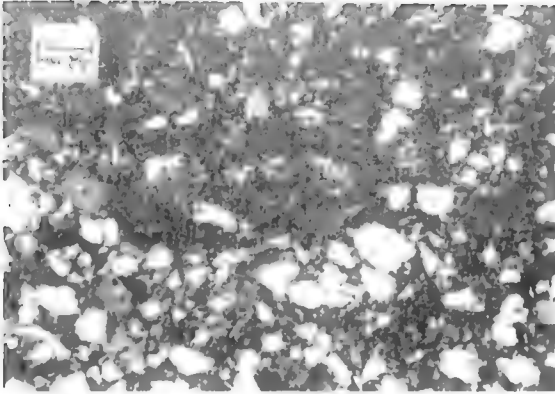
شكل ٧-٢ مقطع جيولوجي في منطقة ماخص.



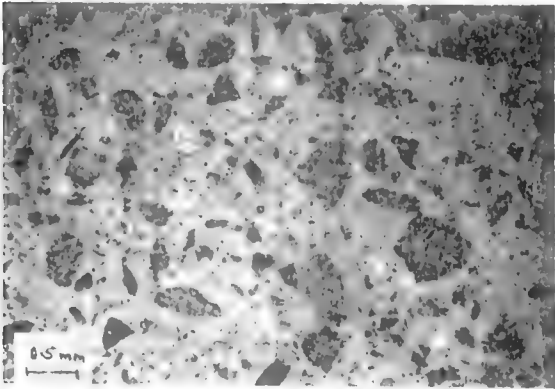
شكل ٧-٢ مقطع جيولوجي في منطقة غوركبد



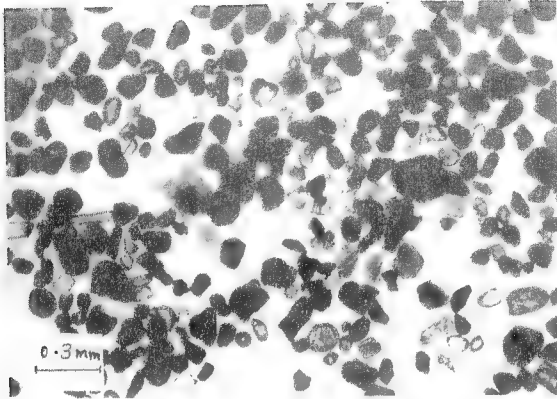
شكل ٧ - ٤ بيئة الترسب لصخور الطباشيري الأسفل



شكل ٧ - ٥ صورة مجهرية توضح المراحل المتتالية لعملية التحول في الفلسبار - ميكسا - كاولينيت



شكل ٧ - ٦ صورة مجهرية توضح آثار الفلسبار وبقايا الكوارتز بعد تكون الكاولينيت



شكل ٧-٧ صورة مجهرية تبين المعادن الثقيلة: الزركون والروتايل والتورمالين والمعادن المعتمة من وحدة الحجر الرملي الكرني.

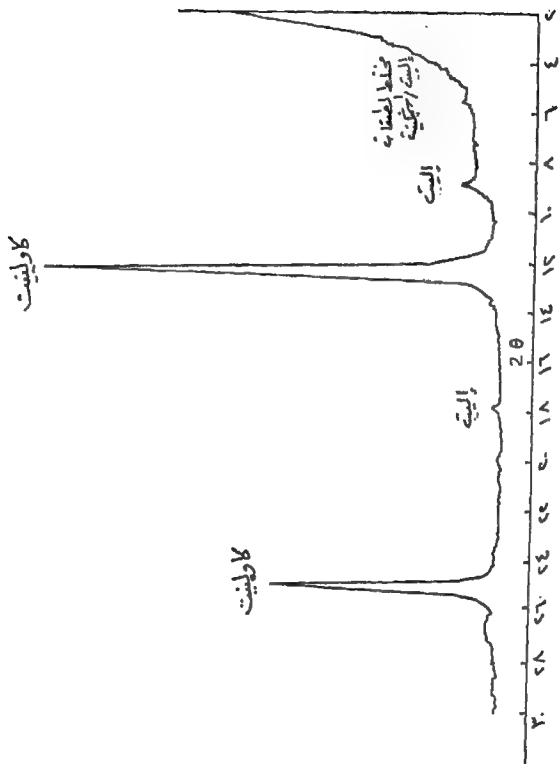
ويبين الجدولان (٧-١ و ٧-٢) معدل التركيب الكيماوي للعناصر الأساسية والنادرة في عينات طينية من الطبقتين الرئيسيتين للخام من منطقة ماحص. ويصل معدل أكسيد الألومنيوم في العينات الصخرية حوالي ٢٠.٤٪ في الطبقة العليا وحوالي ١٨٪ في الطبقة السفلى، وتصل النسبة في الحجم أقل من ٢ ميكرون إلى ٤٠٪ و ٣٨٪ في الطبقات العليا والسفلى. ومما يجدر ذكره أن نسبة أكاسيد الحديد تزيد في الطبقة السفلى وتصل إلى ٥٪ في الحجم أقل من ٢ ميكرون. وتتشابه الطبقات الحاملة للمعادن الطينية إلى حد كبير في مناطق ماحص وغوركبد، وهناك تركيز لأكسيد التيتانيوم على شكل معادن منفصلة من الروتايل والأناتيز تتركز أيضاً في الحجم أقل من ٢ ميكرون. وكذلك فإن العناصر النادرة ربما تكون موجودة في التركيب البلوري للكاولينيت والليت إلا أن بعضها مثل الزركونيوم والأيتريوم والنيكل والنيوبيوم قد يكون مصاحباً للمعادن غير الطينية مثل الزركون والفيلدسبار.

جدول (٧ - ١) معدل التركيب الكيماوي للأكاسيد المكونة لخامات الكاولينيت من منطقة ماحص

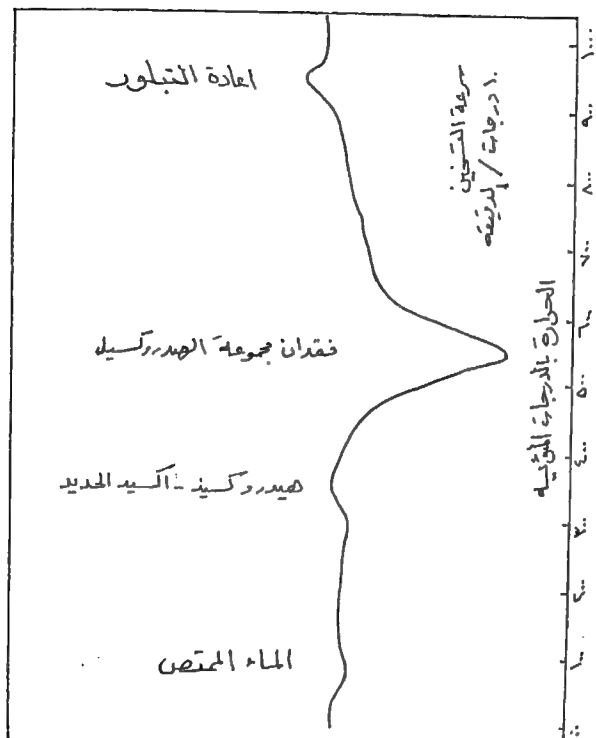
الأكاسيد %	الطبقة العليا		الطبقة السفلى	
	العينة الكلية	أقل من ٢ ميكرون	العينة الكلية	أقل من ٢ ميكرون
SiO ₂	72.77	52.87	72.66	53.09
Al ₂ O ₃	20.36	40.04	17.94	37.59
Fe ₂ O ₃	1.29	1.90	3.76	4.68
TiO ₂	2.23	2.18	2.62	1.97
CaO	1.78	.36	1.19	0.36
MgO	0.55	.36	0.59	0.41
Na ₂ O	0.13	.21	0.14	0.6
K ₂ O	0.69	1.34	0.73	1.46
P ₂ O ₅	0.09	0.10	0.12	0.10

جدول (٧ - ٢) معدل التركيب الكيماوي للعناصر الشحيحة لخامات الكاولينيت من منطقة ماحص
(جـمـزـه بالمليون)

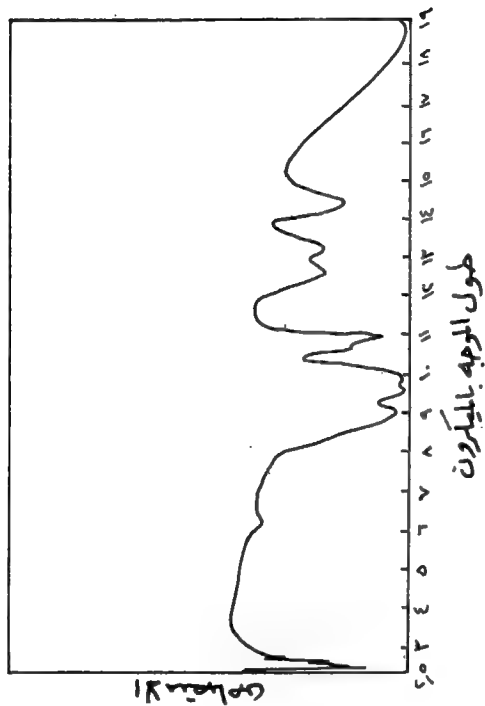
العناصر	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Rb	Sc	Sr	Th	V	Y	Zn	Zr
الطبقة العليا	239	113	8	87	40	137	61	47	15	16	18	175	20	85	57	21	659
الطبقة السفلى	269	128	7	105	72	167	55	47	28	23	21	186	15	180	59	13	560
الطبقة العليا	345	166	7	132	71	205	34	38	36	68	23	258	19	110	29	30	182
المجم أقل من ٢ ميكرون																	
الطبقة السفلى	395	173	9	128	91	202	39	36	42	75	26	301	12	156	35	92	208
المجم أقل من ٢ ميكرون																	



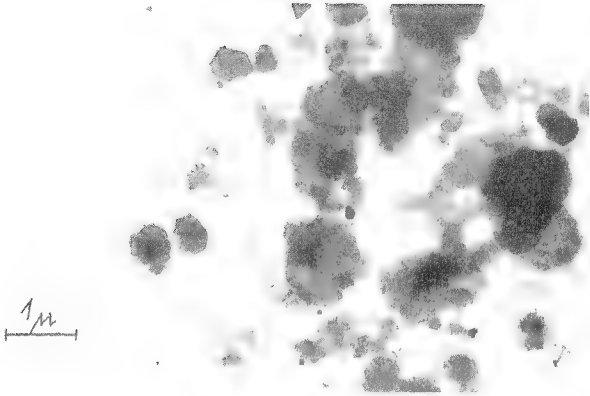
شكل ٧-٨ سجل الأشعة السينية المحيوية للمعادن الطينية من منطقة ماحص.



شكل ٧-٩ السلوك الحراري للأكاسيد من منطقة ماحص .



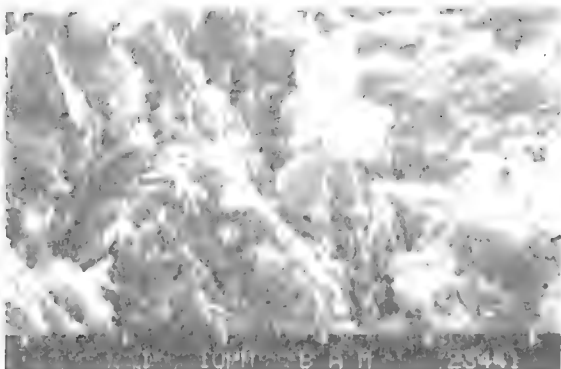
شكل ١٠-٧ طيف الأشعة تحت الحمراء للكازينيت من ماحص



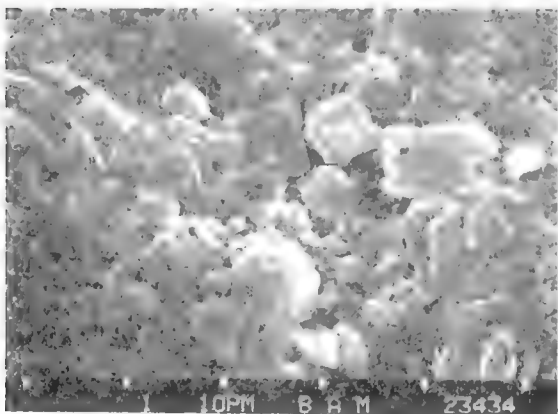
شكل ٧ - ١١ صورة بالمجهر الإلكتروني تبين الشكل السداسي الكاذب للكاولينيت ونمو بلورات الكاولينيت الصغيرة داخل بلورات الميكا الأكبر.



شكل ٧ - ١٢ صورة بالمجهر الإلكتروني تبين بلورات الهالوزيت الأسطوانية الشكل مع كاولينيت والبيت.



شكل ٧ - ١٢ صورة بالمجهر الإلكتروني للمسح تبيّن نسجاً عالٍ المسامية في الغشاء الضيق



شكل ٧ - ١٤ صورة بالمجهر الإلكتروني للمسح تبيّن نمو بلورات الكاولينسب وحدها لوحه على أسطح معادن المسكوفيت.

نشأة الخامات الطينية في وحدة الحجر الرملي الكرني

ترسبت صخور هذه الوحدة الرملية والطينية على شكل حبيبات في بيئة نهريّة (٢٠٠٧، ١٧) (Khoury, 1974; Abed, 1978; Khoury, 1986) خلال فترة الكرييتاسي (الطباشيري) الأسفل. وتتكون الصخور الطينية من الكوارتز ومزيج من المعادن الطينية. ويعتبر الكاولين هو المكون الأساسي للمعادن الطينية ثم السيريسيت - مسكوفيت كمكون جانبي، وهناك آثار من مختلط الطبقات إليت / سميكتيت، وبقياء معادن الفيلدسبار والبيوتيت في العينات الطينية. ويعتقد أن تكوين السيريسيت والكاولين كانت ضمن عمليات التجوية الكيماوية لمعادن الفيلدسبار والميكا التي ترسبت ميكانيكياً منذ البداية مع معادن الكوارتز والكاولين. أن وجود المواد العضوية وطبقات الفحم الرقيقة في الطبقات العليا (Abed, 1982) (٢٠١١) أدى إلى تكوين ظروف حامضية في المياه المتخللة التي ساعدت في عمليات التجوية الكيماوية لبلورات الميكا والفيلدسبار وذلك بعد عمليات الترسيب الميكانيكي. وبالتالي فإن جزءاً من الكاولينيت في الحجر الرملي الكرني هو نتيجة للتجوية الكيماوية. ومما يؤكد شدة التجوية الكيماوية ترسيب معادن ثانوية مثل الألونائيت المنتشر بكثرة مع الطبقات الطينية وذوبان الحديد من المعادن الغنية بالحديد مثل الجلوكونيت والبيوتيت الموجودة في طبقات أعلى وترسبها على شكل أكسيد أو كبريتيد فوق مستوى المياه الجوفية أو تحته.

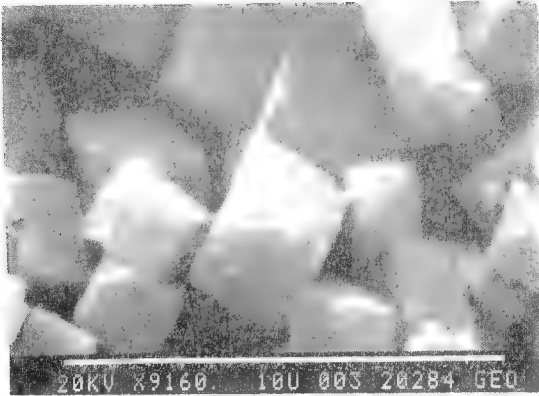
و يوجد معدن الألونائيت على شكل عدسات أو طبقات رقيقة أو مختلطاً مع الكاولينيت. ويبين شكل ٧-١٥ الألونائيت من منطقة غوركبد. ويتميز بوجود أحلال بين البوتاسيوم والصوديوم (Khoury, 1987) (٢٠١١) كما هو مبين في المعادلة التالية :-



ومما يجدر ذكره أن الألونائيت ترسب نتيجة تفاعل حامض الكبريتيك المتخلل إلى أسفل (الناتج عن عمليات أكسدة البيريت) مع الكاولينيت والليت.

* المعادن الطينية في منطقة الأزرق

تتكشف الرواسب الطينية على السطح قرب قرية الدروز في منطقة الأزرق، بينما تعلوها طبقات رقيقة من المارل والطين الرملي في مناطق أخرى. وتتراوح سماكة الخامات الطينية بين ١ - ٥ م. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية (١٩٧٨) (1974; Darwish, 1978) بدراسة لهذه الخامات تبين منها أنها من النوع بنتونيت (الاسم التجاري لأي خلم طين تصل فيه معادن السميكتيت القابلة للانتفاخ إلى ٧٠٪)، وأن الاحتياطي يصل إلى عشرة ملايين طن متري.



شكل ٧-١٥ بلورات الونيات معينة الشكل من منطقة غوركيد.

جيولوجية منطقة الرواسب الطينية

يقع منخفض الأزرق على بعد ١١٠ كم شرق عمان و يصل ارتفاعه الى ٥١٠ م فوق سطح البحر، والمنطقة منبسطة وتعتبر حوضاً مغلقاً يتجه شمال غرب - جنوب شرق. والطقس في تلك المنطقة جاف حيث أن معبّل سقوط الأمطار يصل الى (٨٠) مم فقط، وينساب عدد من الينابيع ذات درجات الملوحة المختلفة الى المنخفض الذي تصل اليه المياه أيضاً من التلال المجاورة^(١) (شكل ٧-١٦؛ Arsalan, 1976). ويعتبر منخفض الأزرق الجزء الشمالي لمنخفض وادي سرحان حيث يمتلئ بالرواسب المختلفة من الصخور المحيطة والتابعة لعصر بلايستوسين. ويحتوي الجزء العلوي (٢٠ م) الذي يعلو الحجر الرملي والكونجلوميرات على الرواسب الطبقية الرملية البنية اللون من عصر هولوسين تقطعها طبقات من الجبس والصخر الملحي والمارل، وتحيط الصخور البركانية البازلتية من عصر البليستوسين الجزء الشمالي من منخفض الأزرق، وتمتد شمال شرق المنطقة حيث تغطي مساحة ٨٥٠٠ كم^٢ وتصل سماكتها الى ١٥٠ م^(٨) (Boom and Suwwan, 1966). وتتكشف صخور الحجر الجيري الصواني من

عصر باليوسين - إيوسين إلى الغرب من المنخفض، أما إلى الشرق فتتكشف طبقات من الحجر الجيري والرملية لتبين طبقات الصوان والمارل من العصر نفسه، وتغطي المنطقة إلى الجنوب بالحصي الحديث. ويعتقد (Bender, 1974) (١١) بأن منخفض الأزرق تكون نتيجة هبوط بدون وجود صدوع رئيسية في حقبه السينوزوي حيث تكونت بحيرة خلال عصر بليستوسين ترسب منها الملح الصخري والجبس وذلك خلال نهاية عصر بلايستوسين (and Dajani, 1964) (١٢) (Gruneberg)



شكل ٧-١٦ منخفض الأزرق واتجاه المياه المغذية.

التركيب المعدني والكيمائي

تتكون المعادن غير الطينية المصاحبة لخامات الأزرق من الكالسيت والكوارتز والفيلدسبار بنسب متفاوتة تتراوح بين ٢٠ - ٥٠٪، أما المحتوى الأساسي من المعادن الطينية فهو مختلط الطبقات إليت / سميكتيت (نسبة طبقات السميكتيت ٧٠٪). وتوجد معادن الإليت والكاولينيت كمعادن جانبية بنسب مختلفة وفي حجم أكبر من ١/٢ ميكرون حيث يمكن التخلص منها بسهولة بطرق الفصل الميكانيكية. و يبين شكل ٧-١٧ نتائج الأشعة السينية الحيودية لعينات طينية من منطقة الأزرق (أقل من ١/٢ ميكرون) حيث يظهر مختلط الطبقات إليت / سميكتيت كمكون أساسي. ومما يجدر ذكره أن من نواتج تجوية البازلت ومكونات رواسب حوض الأزرق الطينية النوع مختلط الطبقات إليت / سميكتيت. و يبين جدول ٧-٢ التركيب الكيمائي لعينتين أحدهما من نواتج تجوية البازلت والثانية لعينة طينية نقية من الأزرق. وكما هو واضح من التحليل الكيمائي فإن الحديد Fe^{+3} الذي يوجد في الطبقات ثمانية الأوجه في الإليت / سميكتيت هو المكون الأساسي لنواتج تجوية البازلت ويصل إلى حد تسميتها نونترونيت Nontronite. أما المعادن الطينية من حوض الأزرق فلا

جدول ٧ - ٣ التركيب الكيمائي لعينات طينية من منطقة الأزرق

الأكاسيد %	1	2
SiO_2	43.48	66.33
Al_2O_3	11.51	17.07
Fe_2O	30.45	8.85
CaO	3.59	0.59
MgO	4.63	3.08
Na_2O	3.48	1.46
K_2O	0.89	2.62
	97.67	99.64

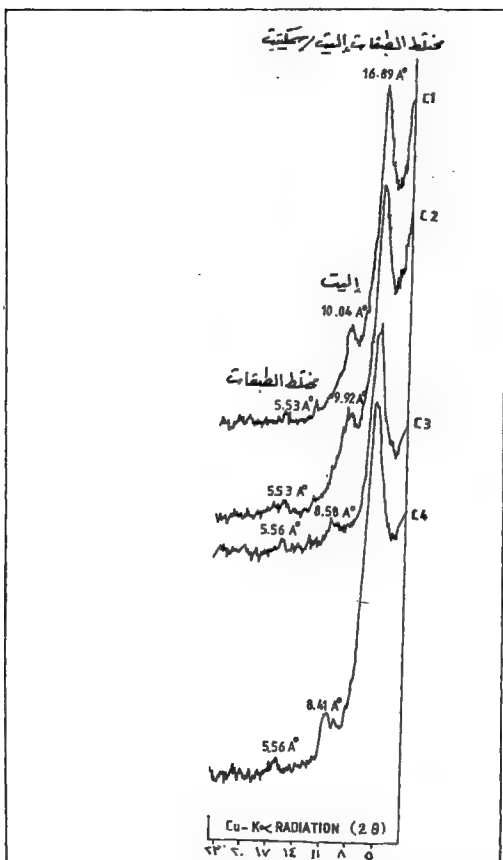
- ١ - عينة طينية من منخفض الأزرق
- ٢ - عينة طينية من نواتج تجوية البازلت

تصل الى ذلك الحد حيث يحل Fe^{+3} جزئياً محل الألمنيوم في الطبقات ثمانية الأوجه. وعلى أية حال فإن طبقات معدن الاليت / سميكتيت Illite/Smectite غير منتظمة كما هو مبين في شكل ٧-١٧ وذلك لوجود انعكاسات غير منتظمة للأشعة السينية من المستويات العمودية على المحور ج-الرأسي في البلورات، وبنيت الدراسات التي قام بها (Khouri, 1980) (١٨) على أن الطبقات ثمانية الأوجه تحمل شحنة سالبة عالية حيث تنقلص الطبقات الى تركيب مشابه للاليت عند تشبعها بالبوتاسيوم.

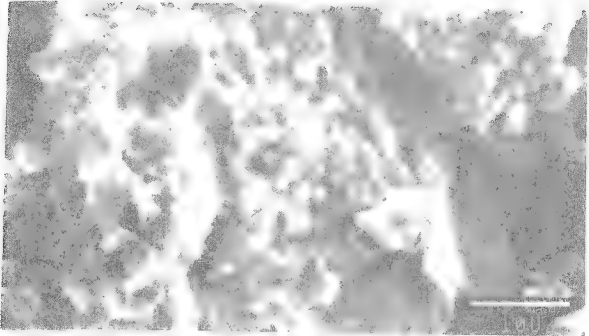
نشأة الرواسب الطينية في الأزرق

نتيجة للدراسة التي قام بها المؤلف (١٨) (Khouri, 1980) فإن معظم المعادن الطينية المترسبة في حوض الأزرق هي ناتج للتجوية الكيماوية للصخور البركانية البازلتية المحيطة بالمنطقة حيث انتقلت النواتج المعدنية وترسبت في بحيرة الأزرق ميكانيكياً. ولقد استمرت عمليات التجوية الكيماوية ونمو البلورات كما زادت نسبة الطبقات القابلة للتمدد والانتفاخ في المعدن مختلط الطبقات وذلك بعد عمليات الترسيب. وتدل صورة الميكروسكوب الإلكتروني (شكل ٧-١٨) على النمو المتواصل لبعض بلورات إليت / سميكتيت مما يؤكد التغيرات المعدنية بعد الترسيب وامكانية نمو بلورات جديدة من المحاليل المتخللة.

ان قابلية هذه المعادن للانتفاخ، وقدرتها على اِحلال الأيونات والمواد العضوية تطبيقات صناعية في مجالات مختلفة. وتجري حالياً أبحاث في كلية الزراعة بالجامعة الأردنية لغرض خلط المعادن الطينية من الأزرق مع الأعلاف المختلفة وذلك لأغراض التسمين.



شكل ٧-١٧ نتائج تحاليل الأشعة السينية الحبيدية لعينات طينية مشبعة بالجلسرين حيث تظهر الانعكاسات القاعدية لمعدن مختلف الطبقات إليت / سميكتيت.



شكل ٧-١٨ صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تبين طبيعة المعادن الطينية من منطقة الأزرق حيث تظهر بوضوح عمليات نمو المعادن الطينية بعد الترسيب.

✱ المعادن الطينية في منطقة بطن الغول

تقع منطقة بطن الغول على بعد ٦٥ كم جنوب - جنوب شرق معان في جنوبي الأردن وتغطي مساحة تزيد على ٧٥ كم^٢ (شكل ٧-١) ولقد ذكر (Bender, 1974; ١٩٧٥) أنه توجد طبقات متتابعة من الطفال والحجر السلي من صخور حقبة الحياة القديمة في جنوبي الأردن. وفي عام ١٩٨٠ قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة في بطن الغول تضمنت عمل حفر وأبار استكشافية إضافة إلى رسم خريطة جيولوجية بمقياس ١:٥٠٠,٠٠٠، ودراسة لعينات صخرية عديدة وتقدير الاحتياطي المثبت الذي يصل إلى أكثر من ٣ مليارات طن متري من المعادن الطينية (Sasa and Taha, 1983) (١٧) ولقد اقترح (Neville, 1980 and Futian البيئية البحرية لترسيب هذه الخامات وذلك باستخدام بقايا الباليونومورف Palynomorph.

جيولوجيا منطقة بطن الغول

يبين الشكل ٧-١٩ مقطعاً طبقياً عاماً لمنطقة بطن الغول (من الصخور المكتشفة وحفر الآبار) حيث تغطي الرواسب الحديثة التابعة للعصر الرباعي صخور العصر الطباشيري، حيث يكون الجزء العلوي (الطباشيري العلوي) بقايا طبقات وحدة الحجر الجيري والفوسفوريت، أما الجزء السفلي (الطباشيري السفلي) فيتكون من حوالي ٣٠ م من

الارتفاع	العمق	الترتيب	ملاحظات ودرجات
٥٠	١	الطبقة الأولى	فوسفاتية وطينية أولية متبادلة مع الحجر الجيري والصلبان والحمارين
٢٠	٢	الطبقة الثانية	حجر مائي ملون وكثيف (الآزرق)
١٠	٣	الطبقة الثالثة	طبقة متبادلة (١-٤ سم) من حجر الرملي الطيني والطيني (وهذه الحجر الرملي النوبي)
٥	٤	الطبقة الرابعة	طبقة متبادلة من الطين والطفال والحجر الطيني - الجزء الأسفل طيني بيومي (وهذه الطفال - الطين)
٥	٥	الطبقة الخامسة	طبقة متبادلة من الحجر الرملي والطيني (وهذه الحجر الرملي النوبي)

شكل ٧-١٩ مقطع عام يمثل للتتابع الطبقي في منطقة بطن الغول.

الحجر الرملي الملون تعلو حوالي ٤٠ م من الحجر الرملي الكتلي الأبيض الذي يعلو وحدة الحجر الرملي النوتيبيدي (٣٠ م). وتتبع وحدة الطفل - الطين التي توجد فيها نسبة عالية من المعادن الطينية العصر السيلوري السفلي، وتتكون أساساً من طبقات طينية - سلتية غنية بالميكما، ولقد اخترقته الحفر الاستكشافية على عمق ٧٥ م حيث تبين أن الجزء السفلي هو بيتيوميني يعلو وحدة الحجر الرملي الكونيولاري التابع للعصر الأوردوفيشي العلوي - السيلوري السفلي.

وتتركز في الجزء الغربي من المنطقة مجموعتان من الصدوع تتجه شمال غرب - جنوب شرق، وشرق غرب. ولقد قام Khoury and El-Sakka, 1986 بدراسة التركيب المعدني والكيمائي لخامات المعادن الطينية.

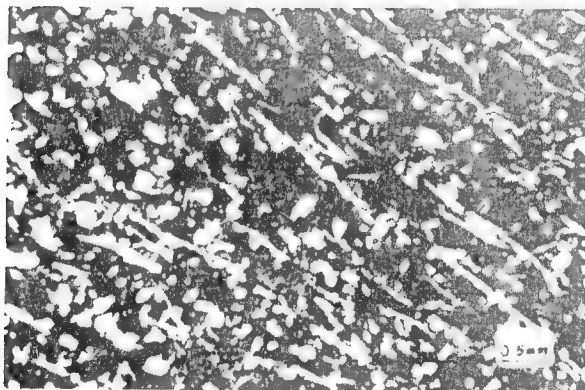
التركيب المعدني والكيمائي:

يتراوح معدل نسبة المحتوى الرملي والسلتي والطيني في الجزء الذي يعلو طبقات الحجر الطيني البيتوميني ٣ - ١٠٪ و ٢٩ - ٧٩٪ و ١٢ - ٢١٪ على التوالي. حيث يغطي الحجم السلتي على بقية الأحجام، ويزداد في منطقة بطن الغول باتجاهات شرق وجنوب شرق حيث يوجد الكوارتز والفيلدسبار و المسكوفيت (السيريسيت) والبيوتيت وأكاسيد الحديد والكلوريت والزركون والروتايل والتورمالين كمكونات أساسية وجانبية ونادرة في وحدة الطفل - الطين. و يظهر الكوارتز كمعدن متآكل ومتأثر بالتغيرات بعد الترسيب، أما الفيلدسبار فهو شديد التجوية إلى سيريسيت ومعادن طينية على الرغم من وجود بلورات البلاجيوكليز ضعيفة التجوية. ويعتبر معدن المسكوفيت من المكونات الأساسية التي تظهر على شكل بلورات رقيقة وطويلة نامية على حساب الأرضية الطينية والمعادن غير الطينية، وتظهر بعض العينات بلورات المسكوفيت مختزقة لمعادن الكوارتز والفيلدسبار (شكل ٧ - ٢٠). أما البيوتيت فيتجوى إلى كلوريت وأكاسيد الحديد التي توجد أيضاً على شكل حبيبي وكعادة لاحمة تحل محل المعادن الطينية. ولقد تم التعرف على الجبس كمعدن ثانوي إضافة إلى الكوارتز والفيلدسبار من ضمن مجموعة المعادن غير الطينية. أما المعادن الطينية فهي الكاولينيت والمسكوفيت والليت والكلوريت والفيرميكيوليت ومختلط الطبقات إليت / سميكتيت وسميكتيت. و يبين شكل (٧ - ٢١) نتائج دراسة بعض العينات بواسطة الأشعة السينية الحيودية حيث يظهر الكاولينيت كمكون أساسي ثم المسكوفيت - إليت وكلوريت - فير ميكيوليت. و يبين شكل ٧ - ٢٢ نسبة المعادن الطينية وغير الطينية في إحدى الآبار المحفورة في المنطقة حيث تتراوح نسبة الكوارتز بين ٩ - ٢٩٪ والفيلدسبار (٠ - ٢٪) والمسكوفيت - إليت وفيرميكيوليت (٢٣ - ٢٥٪) والكاولينيت (٢٦ - ٤٢٪). و يبين شكل ٧ - ٢٣ السلوك الحراري للمعادن الطينية لبعض العينات من منطقة بطن الغول حيث يستدل بأن الكاولينيت هو المكون الأساسي. وتزداد نسبة الماء الممتص نتيجة وجود إليت / سميكتيت وفيرميكيوليت وجوئيت. وتظهر صورة الميكروسكوب الإلكتروني (شكل ٧ - ٢٤) طبيعة

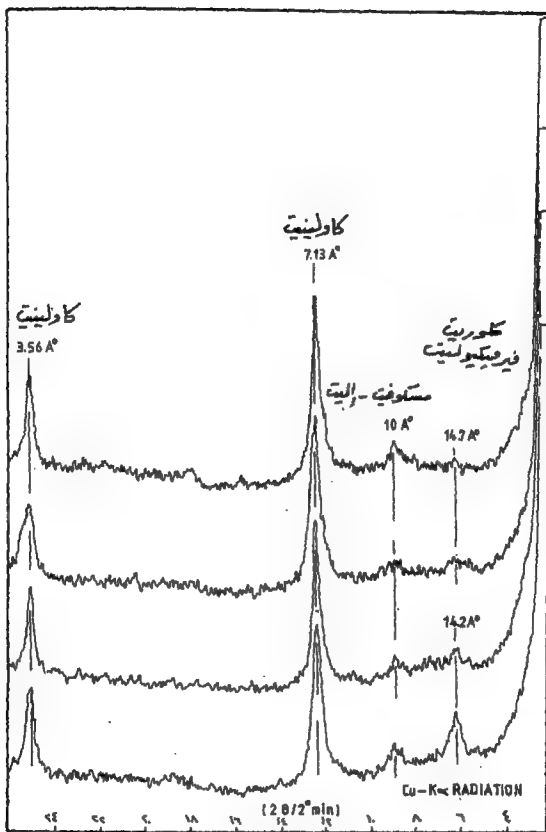
الرواسب الطينية في منطقة بطن الغول حيث تظهر المعادن الطينية باتجاه مواز لاتجاهات التطبيق. و يبين جدول ٧ - ٤ معدل التركيب الكيماوي للعينات الصخرية من ثلاث آبار محفورة في منطقة بطن الغول حيث تزداد نسبة اكسيد الألومنيوم وتقل نسبة اكسيد السيليكون على حساب المعادن الطينية. و يوجد أكسيد الحديد في الغالب على شكل حبيبي ممثلاً في معدن الجوثيت.

نشأة الرواسب الطينية في منطقة بطن الغول :

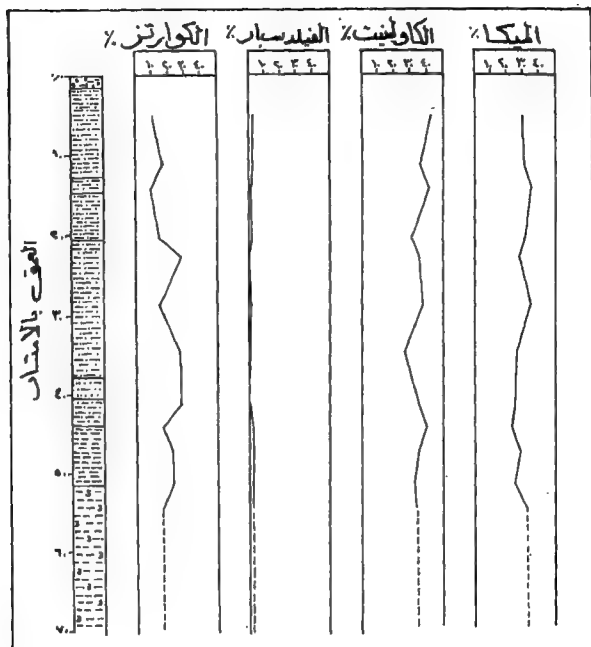
ترسبت المعادن الطينية وغير الطينية ميكانيكياً على شكل حبيبي في بيئة بحرية. ولقد كان مصدر هذه الرواسب الضخمة هو السطح الجوي لصخور القاعدة النارية والمتحولة الواقعة في شرقي وجنوب شرقي الأردن وسيناء. و يعتقد بأنها كانت ذات تركيب حامضي ومتوسط حيث انتقلت المعادن المختلفة التي كان الكاولين مكوناً أساسياً لها وترسبت ودفنت وتعرضت بعد الترسيب لجميع التغيرات. و يظهر هذه التغيرات في تجوية الفيلدسبار الى سيريسيت ثم كاولينيت وتآكل الكوارتز ونمو بلورات المسكوفيت في اتجاه التطبيق ووجود الكلوريت والفيرميكيوليت كناتج ثانوي من تجوية البيوتيت بعد الترسيب.



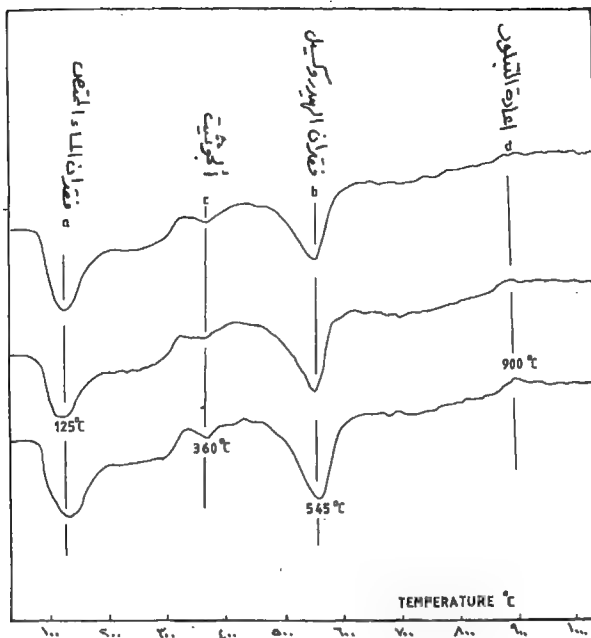
شكل ٧ - ٢٠ صورة مجهرية تبين نمو بلورات المسكوفيت باتجاهات شبه متوازية على حساب الأرضية الطينية والمعادن غير الطينية.



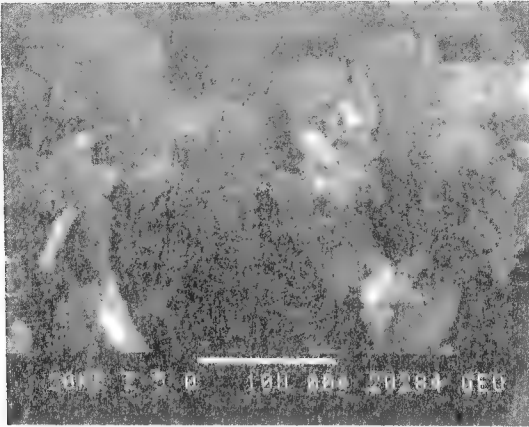
شكل ٧ - ٢١ نتائج دراسة الأشعة السينية الحيودية لبعض العينات الطينية من منطقة بطن الفول.



شكل ٧-٢٢ نسبة المعادن في إحدى الآبار المحفورة في منطقة بطن الغول.



شكل ٧-٢٢ السلوك الحراري للمعادن الطينية لبعض العينات من منطقة بطن الفول.



شكل ٧-٢٤ صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح للمعادن الطينية من منطقة بطن الغول.

* رواسب المعادن الطينية الأخرى :

١- الرواسب الطينية في مناطق الرشادية والفجيج

توجد خامات من المعادن الطينية في الجزء السفلي من وحدة الحجر الجيري العقدي التابع للعصر السينوماني (الطباشيري العلوي) في منطقة الرشادية جنوب الطفيلة على شكل طبقات متبادلة مع طبقات سمكية من الحجر الجيري المارلي.

وتقدر سلطة المصادر الطبيعية الاحتياطي بحوالي ١٠ ملايين طن متري. وكذلك توجد خامات من المعادن الطينية في منطقة الفجيج على الطريق الصحراوي بالقرب من الحسا - الحسينية في رواسب عصر البلايستوسين حيث تقدر سلطة المصادر الطبيعية الاحتياطي بحوالي ٢٠ مليون طن متري. وتحتاج هذه الخامات إلى دراسات تفصيلية من حيث التركيب المعدني والكيمائي والنذأة. ويبين جدول رقم ٧-٥ نتائج التحليل الكيمائي للخامات في مناطق الرشادية والفجيج (٣٥) (NRA, 1981).

جدول (٧ - ٤) معدل التركيب الكيماوي لعينات طينية من ثلاث آبار محفورة في منطقة بطن الغول

رقم البئر	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	LOI	المجموع
٣	54.3	21.1	7.2	1.6	0.2	1.4	2.7	0.5	10.8	99.8
١١	53.8	21.5	6.4	1.8	1.0	1.9	3.4	0.2	9.9	99.9
٦	61.3	14.8	7.8	1.2	0.5	1.3	3.6	0.9	8.8	100.2

جدول (٧ - ٥) التركيب الكيماوي لعينات طينية
من مناطق الفجيج والرشادية^(٢٥)

الأكاسيد %	الرشادية	الفجيج
Loss on Ignition	27.90	25.9
SiO ₂	28.35	34.7
Al ₂ O ₃	6.30	7.12
Fe ₂ O ₃	3.31	3.69
TiO ₂	0.53	0.67
MgO	1.51	1.56
CaO	31.05	26.11
SO ₃	0.12	0.15
Na ₂ O	0.23	0.30
K ₂ O	0.66	0.85
P ₂ O ₅	0.02	0.03
Cl	0.01	0.02

٢. رواسب الباليجورسكيت والسيبوليت Palygorskite and Sepiolite

يوجد معدن الباليجورسكيت في تربة وادي الأردن (Wiersma, 1970) (٢٨) وفي الصخور الجيرية التابعة للعصر الطباشيري العلوي والرباعي (Shadfan and Dixon, 1984) (٢٨) وتزداد نسبة الباليجورسكيت في صخور العصر الرباعي الجيرية. ويعتقد بأن الباليجورسكيت الذي تزيد نسبته في التربة في الجزء الجنوبي من وادي الأردن قد انتقل من الصخور الأكثر قدماً المكتشفة على طول وادي الأردن. وفي دراسة حديثة قام بها (al, 1988) Khoury et على المعادن الطينية المصاحبة للفوسفات الأردني تبين أن الباليجورسكيت يوجد مصاحباً لفوسفات الشدية في جنوب الأردن حيث أن البيئة الجافة في تلك المنطقة ساعدت على عملية الترسيب الكيماوي للباليجورسكيت. و يوجد الباليجورسكيت في الجزء العلوي من التربة في حوض الأزرق حيث تبين من دراسة إحدى الآبار (١١) (حمزة ٤) (Faraj, 1988) أن الباليجورسكيت موجود في نطاقين على أعماق ٧ م و ٥٥ م بسماكات ٥ م و ١٠ م حيث يبدو من الدراسات الأولية أنه ذو أصل كيماوي.

و يحتاج معدن الباليجورسكيت في الأردن الى دراسات معدنية وكيماوية أخرى لأغراض ايجاد خامات اقتصادية.

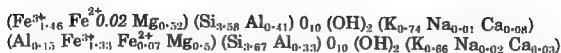
أما السيبوليت فموجود مع الدولومايت في منطقة سبخة طابا على بعد ٤٥ كم شمال العقبة. و يقوم الباحثان عبد القادر عابد وزايد الحوري بدراسة هذه السبخة التي ما تزال قيد الدراسة.

٣. الرواسب الطينية على طريق العارضة - الغور

توجد طبقات من الطفال ذي اللون البني على طريق العارضة - الغور التي تتبع للعصر الجوراسي حيث تستخرج لأغراض الصناعات الخزفية. وتتكون هذه الطبقات من معادن الكاولينيت والليت إضافة الى الكالسيت والدولومايت والجبس، وتحتاج هذه الرواسب الى دراسات تفصيلية.

٤. الجلوكونيت Glauconite

يتوافر الجلوكونيت في صخور الحجر الرملي الكرنبي التابع للعصر الطباشيري الأسفل. ولقد قام (Abed and Mansour, 1982) (٢٩) بدراسة توزع هذا المعدن، فوجدا أنه يتركز في ثلاثة مستويات : سفلي ومتوسط يبدآن من شمالي الأردن و ينتهيان في منطقة عمان، وعلوي يمتد من أقصى شمالي الأردن وحتى منطقة رأس النقب حيث تقل نسبة الجلوكونيت كلما اتجهنا جنوباً. و يوجد الجلوكونيت على شكل حبيبي وأووليتي، و يتركب من مختلط الطبقات إليت / سميكتيت. وتبين المعادلات التركيبية التالية التي وردت في البحث المذكور أعلاه طبيعة الجلوكونيت الغني بالحديد الثلاثي الذي يدل عادة على بيئة ترسيب بحرية



٥. الزيوليت Zeolites

لقد تم اكتشاف الزيوليت لأول مرة في الأردن بواسطة (Dwairi, 1988) في جبل الأرتين البركاني والمناطق القريبة في شمال شرقي الأردن حيث توجد الكثير من الرواسب البركانية مختلفة الأحجام ذات التركيب البازلتي. ويبدو أن عمليات التجوية الكيميائية تحت الظروف القلوية هي المسؤولة عن تكون البالاغونيت Palagonite والزيوليت. ويتكون الزيوليت في الأرتين من معدن الفيلبسيت Phillipsite كمكون أساسي، والشابازيت Chabazite والفوجاسيت Faujasite كمعدن مصاحبة.

ويمكن اعتبار مناطق شمال شرقي الأردن البازلتية هدفاً للبحث عن معادن الزيوليت التي يمكن أن تكون خامات اقتصادية.

References

1. Abed, A., 1978: Deposition environments of the Kurbub (Lower Cretaceous) sandstones: LA Coal horizon at the lower most Kurnub in north Jordan. *Dirasat*, 5 : 31-44.
2. Abed, A., 1982: Depositional environments of the early Cretaceous Kurnub (Hathira) sandstones, north Jordan. *Sediment. Geol.*, 31: 267-279.
3. Abed, A., and Mansour, H., 1982: Petrography and chemistry of some lower Cretaceous glauconites from Jordan. *Dirasat*, 9: 67-80.
4. Arsalan, F., 1976 : *Geologie und Hydrogeologie der Azraq-Depression*. Diss. Technische Hochschule Aachen, 85p.
5. Bandel, K., and Haddadin, A., 1979: The depositional environment of Amber-bearing rocks in Jordan, *Dirasat*, 6: 36-65.
6. Bender, F., 1974: *Geology of Jordan*. Beitrage zur Regionalen Geologie der Erde. Gebruder Borntraeger Pub., Berlin, 196 P.
7. Bender, F., 1975: *Geology of the Arabian Peninsula and Jordan*. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper., Washington, 560-I.
8. Boom, G., and Suwwan, O., 1966: Report on geological and petrological studies on the Plateau-Basalts in NE Jordan. GGM. Archiv BGR, Hanover.
9. Darwish, J. 1978: Investigation of Azraq clays. NRA - Internal Report, 18 P.
10. Dwiri, M., 1988: Generation of zeolite from alteration of basaltic glass from Jebel Aritain volcano. The Third Jordanian Geological Conference, Amman, P 30.

11. Faraj, B., 1988 : Palygorskite and its possible economic value in Azraq Basin, NRA, Internal Report. 13 P.
12. Futian, A. and Neville, R., 1980: Palynological analysis of seven samples from Batn El-Ghoul. 2 and 3 boreholes submitted by JEBCO Petroleum Development, Rep. 4472 P/F.
13. Gruneberg, F., and Dajani, 1964: The soils of Azraq area. GGM, Archiv BGR, Hanover.
14. Haddadin, M., 1974: Possibilities of bentonite in Jordan. NRA, Internal Report, 24P.
15. Hall, P., and Nimry, Y., 1970: The Mahis clay deposits, NRA, Internal Report, Amman.
16. Ibrahim, H., 1965: Geology and possibilities in the area between Mahis and Ghor Kabid. NRA, Internal Report, Amman.
17. Khoury, H., 1974 : Boron in Mahis clays as a paleoenvironmental indicator, Dirasat, 1:97-103.
18. Khoury, H., 1980: Mineralogy and origin of Azraq clay deposits, Jordan, Dirasat, 7: 21-31.
19. Khoury, H., 1981: The kaolin deposits of Mahis area, Jordan. Dirasat, 8: 69-84.
20. Khoury, H., 1986: Depositional environment and diagenesis of the lower part of the Kurnub Sandstone Formation (lower Cretaceous), Mahis area, Jordan. Sediment. Geol., 49: 129 - 141.
21. Khoury, H., 1987: Alunite from Jordan., N.Jb. Miner. Mh., 9:426-432.
22. Khoury, H., and Khalil, K., 1986: Ghor Kabid clay deposits, Jordan, Dirasat, 13: 249-260.
23. Khoury, H., and El-Sakka, W., 1986: Mineralogical and industrial characterization of the Batn El-Ghoul clay deposits, southern Jordan. App. Clay Sci., 1: 321-351.
24. Khoury, H., Al-Hawari, Z. and El-Suradi, S., 1988: Clay minerals associated with Jordanian phosphates and their possible industrial utilization. Appl. Clay Sci., 3: 111 - 121.
25. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, NRA Internal Report, Amman.
26. Sasa, A., and Abu Taha, I. 1983: Batn El-Ghoul clay and its future utilization. NRA, Internal Report. Amman.
27. Shadfan, H., and Dixon, J. 1984 : Occurrence of palygorskite in the soils and rocks of the Jordan Valley, Developments In Sedimentology. 37: 187 - 199.
28. Wiersma, J., 1970: Provenance, genesis, and paleogeographical implications of microminerals occurring in sedimentary rocks of the Jordan Valley area. Fysisch-geografisch, Amsterdam.

الفصل الثامن

رمل الزجاج

رمل الزجاج

تحتاج صناعة الزجاج الى مواد خام أهمها الرمل الأبيض النقي الذي يتراوح حجمه بين ١٠٠ - ٣٦٠ ميكرون، أما المواد الخام الأخرى فهي الدولومايت والفيلدسبار والصودا (كربونات الصوديوم) وسلفات الصوديوم. و يوجد مصنع للزجاج في معان ينتج حالياً الزجاج الشفاف والملون بسماعات مختلفة تتراوح بين ٢ - ١٠ مم. وتبلغ نسبة ثاني اكسيد السيلكون في الرمل الخام المستعمل من قبل المصنع ٩٨٪ وفي الزجاج المصنع ٧٢.٥٪، ويتوافر الرمل الأبيض بكميات اقتصادية ونوعية جيدة في مناطق عديدة أهمها منطقة رأس النقب جنوبي الأردن وقاع الديسي وقرب العقبة ووادي السيق على بعد ٧ كم شرق - جنوب شرق الغرندل (١) (Bender, 1968).

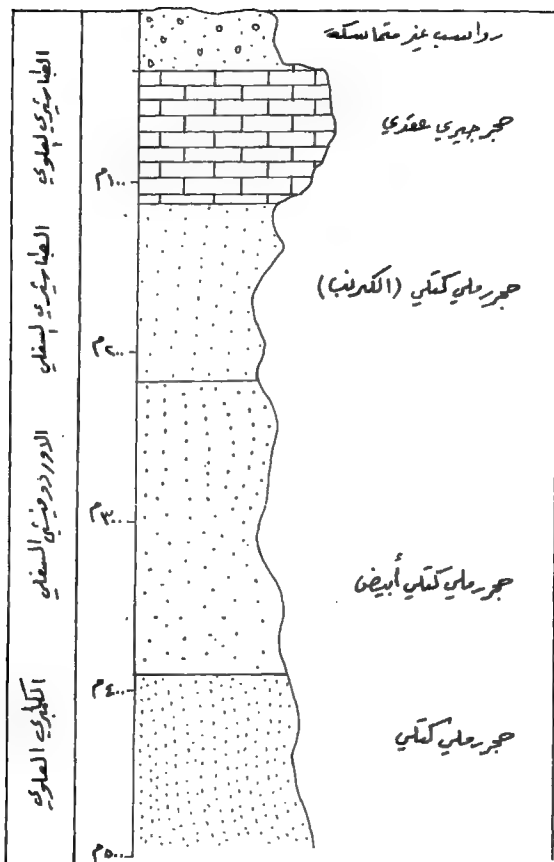
وقد قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة للرمل الزجاجي في منطقة رأس النقب (٢) (Nimry and Haddadin, 1970) كما قام (١) Amireh, 1987 بدراسة جيولوجية تتابع الحجر الرملي النوبي في جنوبي الأردن. و يقوم حالياً El- Sakka بدراسة رمل الزجاج من منطقة رأس النقب. و يعتقد بأن بيئة الترسيب لتتابع الحجر الرملي متبادلة بين البيئات البحرية الضحلة والشاطئية والنهرية.

جيولوجية طبقات رمل الزجاج :

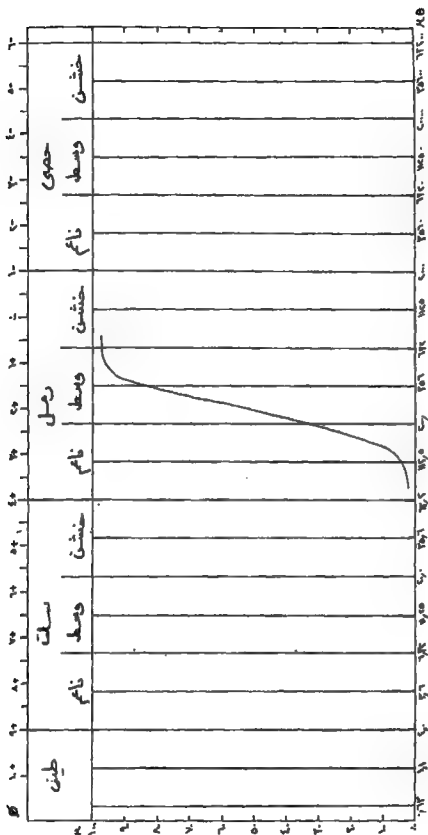
يوجد في منطقة رأس النقب ثلاث وحدات من الحجر الرملي النوبي هي وحدة الحجر الرملي الكتلي الأبيض من العصر الطباشيري الأسفل التي تعلو وحدة الحجر الرملي المتجوي الطبقي البني التابع للعصر للأوردوفيشي الأسفل. أما الوحدة السفلى فهي الحجر المتجوي الكتلي الأبيض التابع أيضاً للعصر الأوردوفيشي الأسفل. و يبين شكل ٨ - ١ التتابع الطبقي في منطقة رأس النقب.

التركيب المعدني :

يعتبر رمل الزجاج متجانساً في حجم حباته حيث يغطي الحجم المتوسط على بقية الأحجام (شكل ٨ - ٢). و يتراوح متوسط الحجم بين ٢ ر - ٥ ر مم ويتكون رمل الزجاج أساساً من معدن الكوارتز Quartz ذي الحواف الزاوية والحادة والذي تصل نسبته الى أكثر من ٩٩٪. أما المعادن الأخرى النادرة والمصاحبة للكوارتز فهي المعادن الثقيلة زركون Zircon وروتايل Rutile وتورمالين Tourmaline وليوكوكسين Leucoxene ومعادن معتمة opaques والمعادن التالية أناتاز Anatase وكيانيت Kyanite وأباتيت Apatite ومونازيت Monazite وأمفيبول Amphibole وإيدوت Epidot وجارنيت Granet ومسكوفيت Muscovite موجودة بكميات ضئيلة جداً.



شكل ٨-١ مقطع جيولوجي عام في منطقة رأس النقب.



شكل ٨-٢ نتائج التحليل الميكانيكي لعينة تغطى للرمول الزجاجي في رأس النقب.

ولقد دلت دراسة التركيب المعدني للحجم أكبر من ٦٣ ميكرون بأنه يتكون أساساً من الكوارتز، أما الأحجام أقل من ٦٣ ميكرون فتتكون من الكاولينيت إضافة الى الكوارتز. وتوجد آثار نادرة لمعادن الكالسيت Calcite والفيلدسبار Feldspar والأنهيدريت Anhydrite والجبس Gypsum. ويبين الجدول ٨ - ١ التركيب الكيماوي للحجم الرمي الوسط للعينة ممثلة لرمل الزجاج من منطقة رأس النقب (١) (NRA, 1981)

ومما يجدر ذكره أن رمل الزجاج في الأردن ذو حجم وشكل مناسبين تماماً لصناعة الزجاج. وعادة ما يجب فصل الأحجام الأكبر من ٥٠ مم والأصغر من ١٠ مم في أغراض صناعة الزجاج. ويمكن استغلال الكاولينيت الناتج عن عمليات الفصل لأغراض صناعة الخزف.

نشأة رواسب رمل الزجاج :-

أوضح (١) Amireh 1987 أن الرواسب الرملية في الفترة بين العصر الكامبري الأعلى والطباشيري الأسفل في جنوبي الأردن قد تعرضت الى تجوية كيماوية شديدة في مناخ دافئ ورطب تحت ظروف تكتونية مستقرة وخاصة في منطقة صخور المصدر. ويستدل على تأثير التجوية الكيماوية من عدم وجود مادة لاحمة في الصخور الرملية البيضاء ووجود آثار لبقايا الفيلدسبار المتجوي الى كاولينيت.

جدول (٨ - ١) : نتائج التحليل الكيماوي للحجم (١٠٠ - ٦٣٠)

ميكرون من عينة ممثلة لرمل الزجاج من رأس النقب (٢)

Oxides	تنخيل رطب	تنخيل جاف
SiO ₂	98.69	98.74
Fe ₂ O ₃	0.032	0.027
Al ₂ O ₃	0.385	0.788
TiO ₂	0.056	0.061
P ₂ O ₅	0.006	0.622
Na ₂ O	0.054	0.002
K ₂ O	0.023	0.015

References

1. Amireh, B., 1987: Sedimentological and petrological interplays of the Nubian Series in Jordan with regard to paleogeography and diagenesis. Bswg. Geol. Palaont. Diss., Braunschweig, 232P.
2. Bender, F., 1968: Geologie Von Jordanien, 7, Beitrage zur Regionalen Geologie der Erde. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 230 P.
3. Nimry, Y., and Haddadin, M., 1970:- Glass sand of Ras En Naqb. NRA. Internal Report, Amman.
4. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jodan, NRA Internal Report, Amman.



الفصل التاسع

الجيبس

الجبس

لقد نكر الجبس في الأردن في أبحاث (م.ع.ص.٧) Burdon, 1959; Ruef and Jeresat,

1965; Bender, 1974; Bandel and Khoury, 1981.

ويوجد الجبس Gypsum بشكل اقتصادي في منطقة نهر الزرقاء على بعد ٥٠ كم شمال عمان، وفي جنوبي الأردن بين وادي الموجب والطفيلة (٧٠ و ٢٠٠ كم جنوب عمان) وفي منطقة الأزرق ١١٠ كم شرق عمان. و يقدر الاحتياطي من الجبس في منطقة نهر الزرقاء بحوالي ١٠ ملايين طن متري وفي منطقة الموجب - الطفيلة بحوالي ٢٢ مليون طن متري وفي الأزرق بحوالي ٢ ملايين طن (٧) (Salameh, 1975). وتقوم الشركة العامة للتعدين حالياً باستخراج الجبس من منطقة نهر الزرقاء لأغراض الصناعة الاسمنتية. و يوجد الجبس على شكل طبقات رقيقة وغير اقتصادية في تكوين اللسان.

الجبس في منطقة نهر الزرقاء

يتكشف الجبس عند التقاء وادي العرب ووادي الهونة مع نهر الزرقاء حيث تصل سماكة الطبقة الى حوالي ٥٠ م، و يبين شكل ٩ - ١ الوضع الطبقي للجبس حيث تعلوه طبقات من الحجر الجيري المارلي والطيني والحديد الأوليتي والحجر الرملي. و يوجد الجبس على شكل كتلي في الجزء الأسفل من صخور العصر الترياسي المتكشفة. وهو ناعم التبلور حيث تصل نسبة ثالث أكسيد الكبريت الى ٤٢٪.

الجبس في جنوبي الأردن :-

قامت سلطة المصادر الطبيعية (٧) (Taimah and El-Hiyari, 1978) بدراسة رواسب الجبس المتكشفة في الوديان المتفرعة من وادي الأردن مثل وادي الحسا ووادي الكرك ووادي الموجب. ولقد بينت الدراسة بأن سماكة طبقات الجبس في الطفيلة ووادي الحسا تصل في مجموعها الى ٢٥ م تفصلها عن بعضها بعضاً طبقات مارلية وطينية.

أما رواسب الجبس في وادي الكرك ووادي ابن حمد فيبلغ مجموع سماكة الطبقات الأربع ٢ م تفصلها أيضاً طبقات طينية ومارلية خضراء وبنية اللون، وفي منطقة وادي الموجب يوجد الجبس في تتابعين مفصولين بطبقات خضراء. وتصل سماكة طبقات التتابع السفلى الى ٢٥ م والعلوي الى ٤ م. ولقد بين تقرير سلطة المصادر الطبيعية بأن الجبس موجود في شكلين أحدهما ليفي نقي والآخر قاس وكتلي. وتصل نسبة ثالث أكسيد الكبريت الى ٤٢٪ وأكسيد الكالسيوم الى ٣٠٪.

وصف الصخور	العصر
حجر جيري	الجوراسي
حجر رملي صفيح وعتي ألكاسير الحديد طبقات هيدريد أوليفين	الترياسي العلوي
حجر ميري مارلي - طفالي	الترياسي العلوي
الجبس الكناي	الترياسي العلوي
حجر جيري	الترياسي العلوي

شكل ٩ - ١ مقطع يبين صخور الترياسي المكتشفة في منطقة التقاء وادي العزب ووادي الهونة مع نهر الزرقاء..

وتتبع صخور الجبس الجزء العلوي من وحدة الحجر الجيري العقدي (سينوماني) والجزء الأسفل من وحدة الحجر الجيري الأكينو يدي (سينوماني - توروني). وفي دراسة قام بها (١) Abed and El-Hiyari, 1986 على الطبقات الحاملة للجبس في جنوبي الأردن (شكل ٩-٢) تبين أن الجبس يتكون من ثلاثة أنواع رئيسية هي العقدي والصفائحي والمتبلور، وهناك نوع رابع حبيبي غير واسع الانتشار. ويبين الشكل ٩-٣ مضاهاة للنطاقات الحاملة للجبس في جنوبي الأردن حيث تبلغ أقصى السماكات في وادي الموجب ويبين الشكل (٩-٤) بيئة الترسيب القديمة المشابهة لبيئة السبخة الشاطئية التي بلغت منطقة تأثيرها ١٥٠٠ كم^٢ حيث ترسبت في اتجاه شمال - جنوب مواز لمنخفض البحر الميت. وحسب رأي (١) 1986, Abed and El-Hiyari فان منطقة الموجب ارتفعت للمرة الثانية في العصر السينوماني.

الجبس في الأزرق

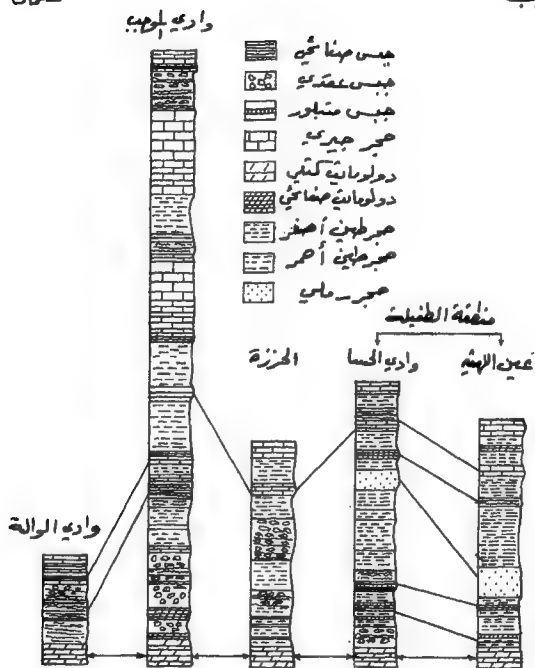
يوجد الجبس في منطقة الملاحات على شكل طبقات متبادلة مع الطبقات الطينية، وفي المناطق المجاورة على شكل رواسب حديثة مختلطة مع التربة. ولقد قام (٧) Salameh, 1975 بدراسة رواسب الجبس في ملاحات الأزرق حيث بين وجود طبقتين رئيسيتين من الجبس مختلط مع الصخر الملحي والطين، ويوجد الجبس على شكل بلورات كبيرة الحجم نقية تتميز بالتوأمة، ويبدو أنه نتيجة لوجود البحيرة المالحة والمغلقة في العصر البلايستوسيني ترسبت المتبخرات التي كان من ضمنها الجبس.



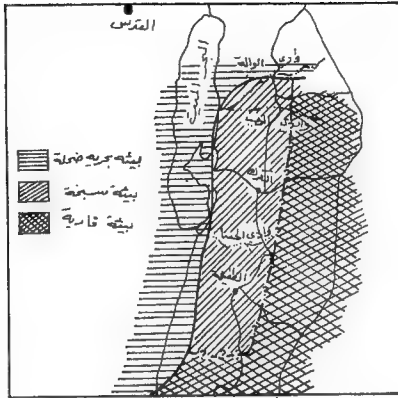
شكل ٩-٢ مناطق دراسة الجبس في جنوب الأردن (١).

شمال

جنوب



شكل ٩-٣ مضاهاة رواسب الجبس في مناطق جنوبي الأردن (١).



شكل ٩-٤ بيئة الترسيب القديمة لنطاقات الجبس في جنوبي الأردن (١)

References

1. Abed, A., and El-Hiyari, M., 1986: Depositional environment and paleogeography of the Cretaceous gypsum horizon in west central Jordan, Sediment. Geol., 47: 109 - 123.
2. Bandel, K., and Khoury, H., 1981: Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan. Facies, 4:1-26.
3. Bender, F., 1974: Geology of Jordan, Borntrager, Berlin, 196 P.
4. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan to accompany and explain the three sheets of the 1:250,000 geological map east of the Rift by A.M. Quennell. Govt. of Jordan, 82 P.
5. Ruef, M., and Jeresat, K., 1963: Geology of the Qatrana-Jiza area, Central Jordan., BGR - Archiv, Hanover, 51p.
6. Taimeh, M., and El-Hiyari, M., 1978: Report on the gypsum occurrences in southern Jordan., N.R.A. Unpublished Report, Amman, 22P.
7. Salameh, E., 1975 : The discovery of gypsum in the Azraq area, Dirasat, 2:69-75.

الفصل العاشر

الفيلد سسبار

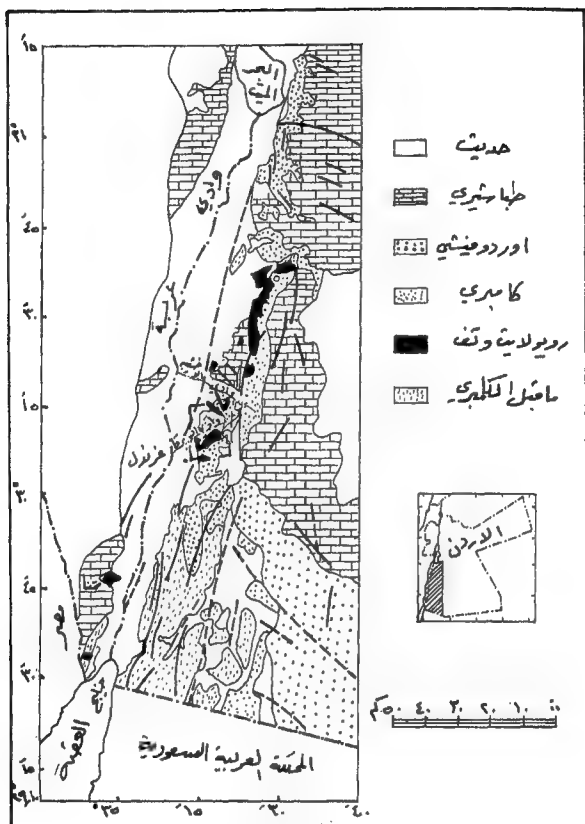
الفيلد سبار

بدأت الحاجة الى معدن الفيلدسبار عندما بدأت فكرة إنشاء مصانع الزجاج والخزف الأردنية حيث قدرت احتياطات الأردن بحوالي ٢٠٠٠ طن متري من الفيلدسبار. ولقد قامت سلطة المصادر بدراسات جيولوجية منذ عام ١٩٦٨ (٥). (Z., and Gharaibeh, R., 1968). (Pacal, على الصخور الغنية بالفيلدسبار في جنوبي الأردن، وتعد الأنواع الغنية بالصوديوم والبوتاسيوم (الألبيت والاورثوكليز Albite and Orthoclase) هي المفضلة للأغراض الصناعية. وقد ذكرت التقارير المختلفة لسلطة المصادر الطبيعية توافر كميات كبيرة من الصخور الجرانيتية في جنوب الأردن مناسبة كمصدر للفيلدسبار.

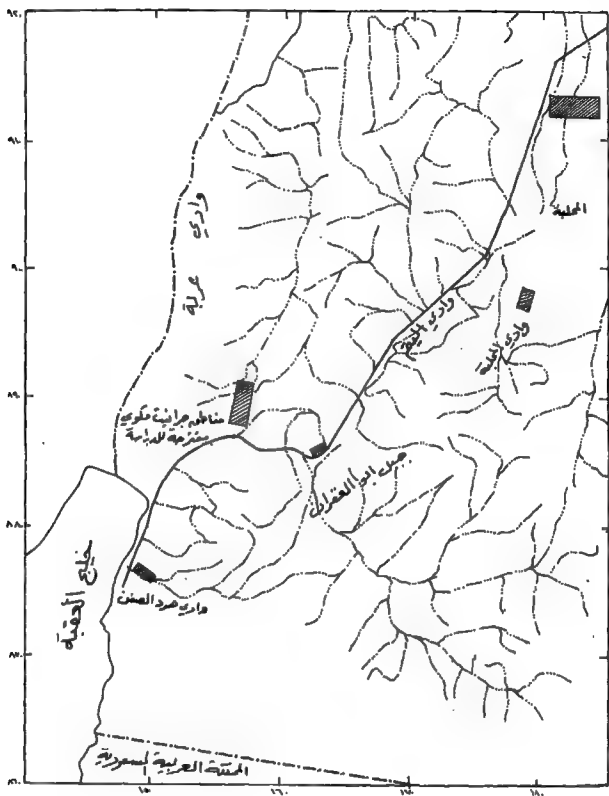
الصخور الجرانيتية في جنوبي الأردن

يبين الشكل (١٠-١) خريطة مبسطة لتوزيع الصخور النارية في جنوبي الأردن تتبع حقبة ما قبل الحياة حيث توجد صخور جرانيتية ذات أعمار مختلفة إضافة الى القواطع الحامضية والمتوسطة والقاعدية. وفي دراسات قام بها (٣،٢،١)، Haki, 1971, Boom, and Rosch, 1969; Boom, G., and Lahlob, 1964 تم تصنيف الصخور النارية القديمة الى بيوتيت جرانيت وجرانيت بورفيرى وأدمايت وجرانوديوريت وكوارتزديوريت وميجماتيت، والصخور الجرانيتية الأحداث الى جرانيت بيوتيتي وردي وجرانيت قلوي أحمر والأسكيت وفيلسيت. و يوجد الكثير من القواطع المكونة من صخور البيجيماتيت والأبلايت جرانيت والجرانيت البورفيرى والكوارتز البورفيرى والاورثوكليز البورفيرى والبلاجيوكليز البورفيرى. وتعد الدراسة التي قام بها (١) Jarar, 1984 من أهم الدراسات التي أجريت على صخور القاعدة في الأردن وخاصة فيما يتعلق بالصخور المتحولة.

وتعد الصخور الجرانيتية القلوية في وادي اليتم شمال شرق العقبة من أهم صخور القاعدة التي يمكن استغلالها كمصدر للفيلد سبار، وقد أجريت دراسات مختلفة من قبل سلطة المصادر الطبيعية على الجرانيت القلوي متوسط الحبيبات من منطقة جبل أبو الغفران وتم تركيز الفيلد سبار القلوي الى ما يزيد على ٩٠% من المحتوى المعدني (٥) (NRA, 1981). ويبين الجدول رقم ١٠-١ التركيب الكيماوي لعينة جرانيتية من جبل أبو الغفران حيث تزيد نسبة أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم على ٩%. و يبين الشكل (١٠-٢) المناطق الهامة الغنية بصخور الجرانيت القلوي متوسط الحبيبات (٧) (Sunna, 1984) وهي منطقة وادي المحلبا التي تقع على بعد ٥١ كم الى الشمال الشرقي من مدينة العقبة، ومنطقة جبل أبو الغفران وتقع على بعد ١٨ كم الى الشمال الشرقي من مدينة العقبة على الجانب الغربي من الطريق الصحراوي. ومنطقة هود الصفن على بعد ٧ كم جنوب العقبة على شاطئ الخليج. وهناك مواقع عديدة أخرى شمال شرق العقبة باتجاه وادي عربة. وتحتل الصخور النارية في جنوبي الأردن الى دراسات بتروغرافية وكيماوية تفصيلية لغرض تصنيف أفضل لصخور القاعدة الأردنية. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية مؤخراً (قسم الجيولوجيا) باكتشاف



شكل ١٠ - ١ خريطة توضح امتداد الصخور النارية في جنوب الأردن (١).



شكل ١٠-٢ خريطة توضح أماكن وجود الجرانيت القلوي (٧).

احتياطي كبير من الجرانيت المكسر (حوالي ٨٠ مليون طن) الغني بالفيلدسبار القلوي الصالح لصناعات الخزف والزجاج في مناطق شرق العقبة وعلى طول منطقة التصدع والتقارير بشأن ذلك قيد الطبع.

و يوجد في جنوبي الأردن (وادي الحور وأم سيالة) معادن مميزة للصخور المتحولة مثل الاندا لوسيت والشتوروليت والجارنت لها أهمية شبيهة بالفيلدسبار من النواحي الصناعية. ولكن هذه المعادن بحاجة الى دراسات تفصيلية لمعرفة انتشارها وامكانية تركيزها.

جدول (١٠ - ١) التركيب الكيماوي
للجرانيت القلوي من جبل الغفران^(٢)

الأكسيد	النسبة المئوية
SiO ₂	74.42
Fe ₂ O ₃	0.37
Al ₂ O ₃	13.03
TiO ₂	0.11
MgO ₂	0.03
Na ₂ O	4.27
K ₂ O	4.81

References

1. Boom Van den, G., and Lahloub, M., 1964: Geological and petrological investigations of igneous rocks in the area of Quweira, S-Jordan. NRA Internal Report, Amman.
2. Boom Van den, G., and Rösch, H., 1969: Modalbestand und Petrochemie der Granite in Gebiet von Aqaba-Quweira, Sudjordanien, Beih. geol. Jb., 18: 113-148.
3. Hakki, W., 1971: The mineral exploration of the Aqaba granites, NRA. Internal Report, Amman.
4. Jarrar, G., 1984: Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian Nubian Shield in the Wadi Araba area, SW-Jordan. Bswg. Geol. Palaont. Diss. 2, 107 p.
5. Pecal, Z., and Gharibeh, R., 1968: Leucogranites in southern Jordan. A potential source of feldspar raw material, NRA Internal Report. Amman.
6. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, NRA Internal Report, Amman.
7. Sunna, B., 1984: Feldspars in Jordan, NRA Internal Report, Amman.

الفصل الحادي عشر

التريبولي

التريبولسي

وصفت مادة التريبولي لأول مرة في الأردن عام ١٩٦٨ بأنها مادة ترابية ناعمة خفيفة الوزن^(١٠) (Saadi, 1968) أشارت انتباه المسؤولين في سلطة المصادر الطبيعية حيث قامت فرق للبحث والدراسة بالكشف على أماكن وجود مثل هذه الخامات^(١١) (Jeresat and Bashir, 1972). وبينت هذه الدراسات إمكانية وجود رواسب التريبولي في المناطق بين مادبا والطفيلة، وتم رسم خريطة جيولوجية أكدت وجود سماكات من التريبولي تتراوح بين ٢٥-١٢ متراً خاصة في الجزء السفلي من وحدة الحجر الجيري السيليسي، وقد اقترحت مناطق جديدة تغطي معظم أرجاء المملكة الأردنية الهاشمية حيث تتكشف هذه الطبقات (شكل ١١-١).

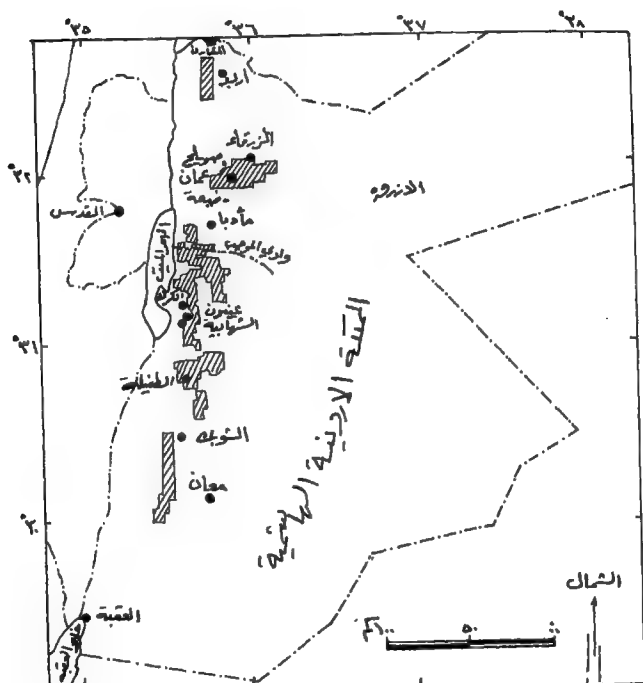
وقد وصفت رواسب التريبولي بأنها طبقات تحتوي على مادة متبلورة بيضاء ناعمة ذات مسامية عالية. وفُسرت نشأة هذه الرواسب بأنها نتيجة لغسل أو انحلال تفاضلي انتقالي لكاربونات الكالسيوم المكونة للحجر الجيري تاركة الشوائب السيليسية على شكل مادة صلبة متبلورة. وجمعت عينات عديدة من منطقة الكرك تم وصفها وأجرى تحاليل كيمائية^(١٢) (Karam, 1973) عليها لمعرفة أهميتها ودرجة نقائها، مما جعل السلطة تجري للمرة الثانية^(١٣) (Omari, 1975) دراسات تفصيلية على أهم رواسب التريبولي المكتشفة في جنوبي الأردن، وتم اختيار منطقتي عينون - الشهابية قرب الكرك لهذه الدراسة.

ولقد تم حفر اثنين وثلاثين خندقاً وثلاث حفر كبيرة لأخذ العينات وجمع ما يزيد عن مائتي عينة حلت كيمائياً. وتبين أن معدل محتوى هذه العينات من ثاني أكسيد السيلكون هو ٩٢٪ وأن أكسيد الكالسيوم يزيد أو ينقص على حساب ثاني أكسيد السيلكون. أما معدل محتوى العينات المدروسة من الأكاسيد الأخرى كالثالث أكسيد الحديد وثالث أكسيد الألمنيوم وأكسيد المغنيسيوم وأكسيد البوتاسيوم فكانت أقل من ٢٪. ومما يجدر ذكره أن التحاليل الكيمائية لعينات من مناطق مختلفة من الأردن أعطت المعدل نفسه من ثاني أكسيد السيلكون، ومن ضمن الدراسات التي أجريت حساب كمية الاحتياطي من رواسب التريبولي في مناطق عينون والشهابية^(١٤) (Omari, 1975)، وكان الاحتياطي المؤكد هو نصف مليون طن، والاحتياطي الممكن والمتوقع هو ٤٦٠ مليون طن. ولقد قام المؤلف بدراسات حديثة حول نشأة التريبولي في الأردن^(١٥) (Khoury, 1986; 1987)، نستعرض منها فيمايلي :-

جيولوجية الطبقات الحاملة لخامات التريبولي

يبين شكل (١١-٢) ترابطاً بين مقاطع جيولوجية تغطي مناطق من شمالي الأردن إلى جنوبية^(١٦) (Bender, 1968)، وكما هو واضح فإن عمر وحدة الحجر الجيري السيليسي الحامل لخامات التريبولي هو العصر الكامباني التابع للجزء العلوي من العصر الطباشيري وتعلوها وحدة الفوسفوريت، وفي أسفلها وحدة الحجر الجيري الكتلي التي تصبح ذات سحنات

رملية في الجنوب. وتعلو وحدة الفوسفوريت وحدة الطباشير - الطفال الغنية بالصخر الزيتي المعروف والمتكشّف في شمالي الأردن وجنوبيه.



شكل ١١ - أماكن وجود رواسب التريبولي في الأردن.

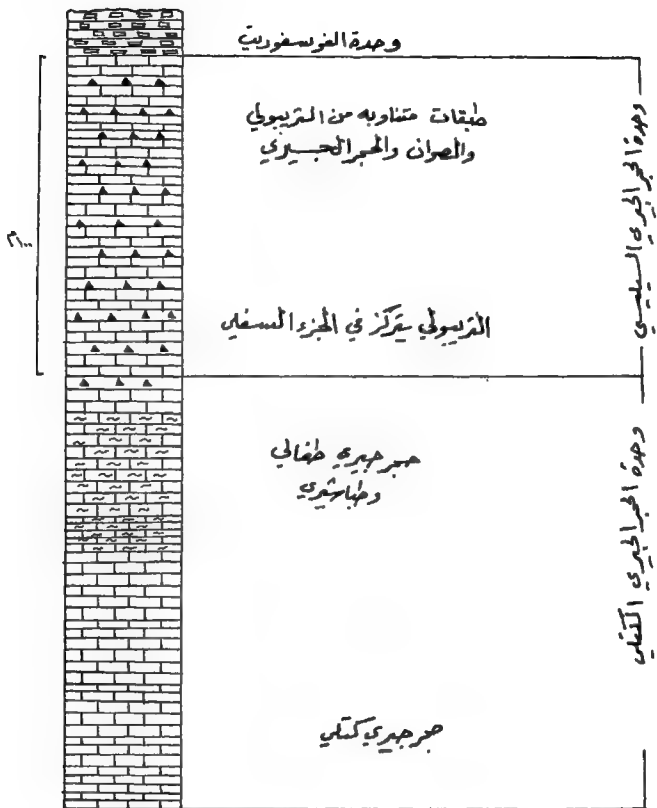
ولقد قام المؤلف بمعاينة معظم التكتشفات للحجر الجيري السيليسي في الاردن كما هو مبين في الشكل (١١-١)، وتبين بأن خامات التريبولي تتوافر في هذه الوحدة وتتركز في الجزء السفلي، وتوجد ترسبات محدودة من التريبولي مصاحبة لطبقات الصوان في وحدة الفوسفوريت التي تعلو وحدة الحجر الجيري السيليسي. وتظهر خامات التريبولي بوضوح مصاحبة لطبقات الفوسفات والصوان في منطقة الشدية في جنوبي الاردن وفي منطقة وادي السموع شمال غربي الاردن.

و يبين شكل (١١-٣) مقطعاً عاماً لتوزع التريبولي في وحدة الحجر الجيري السيليسي. ولقد قام (Krashan, 1988) حديثاً (٧) بدراسة لوحدة الحجر الجيري السيليسي في جنوب الاردن.

وتتراوح سماكة وحدة الحجر الجيري السيليسي بين ١٠٠ - ١٣٠ متراً، وتقع أقصى سماكات رواسب التريبولي الى ١٢ متراً وذلك في منطقة الكرك (عينون - الشهابية). الا ان التريبولي يصاحب دائماً هذه الوحدة في مناطق أخرى على شكل طبقات رقيقة وأشرطة وعدسات محصورة بين طبقات الحجر تكون إما مصاحبة أو غير مصاحبة لعقد من الصوان.

ومما يجدر ذكره أن وحدة الحجر الجيري السيليسي تتكون من طبقات متناوبة من الحجر الجيري والصوان. و يبين الشكل (١١-٤) الوضع الحقي لرواسب التريبولي حيث يوضح عمليات الاحلال في صخر الحجر الجيري تأخذ أشكالاً مختلفة معتمدة على ظواهر جيولوجية محددة من حيث وجود تشققات أو تكهفات أو صدوع أو طيات مما يسهل عملية مرور المحاليل القلوية الحاملة للسيلكا. ففي شكل (١١-٤ أ، ب) يتبع التريبولي التراكيب الرسوبية من حيث اتجاه الطبقات وميلها. و يوجد تغير تدريجي في تراكيب رواسب التريبولي المعدني من نقى الى تريبولي غني بمعدن الكالسيت أو حجر جيري نقى (١١-٤ ج). وفي بعض الطبقات يحتوي راسب التريبولي على بقايا من الحجر الجيري أو الصوان الأصلي من وحدة الحجر الجيري السيليسي (شكل ١١-٤ د، هـ) وفي كثير من الحالات يوجد راسب التريبولي على شكل عدسات أو مركزات تتبع الكسور والشقوق في الصخر - - - - - ر الأم (شكل ١١-٤ و ز) كذلك فان هناك تدرجاً واضحاً في تركيب الصوان من كتسلي الى بورسالييني صلب الى تريبولي ناعم.

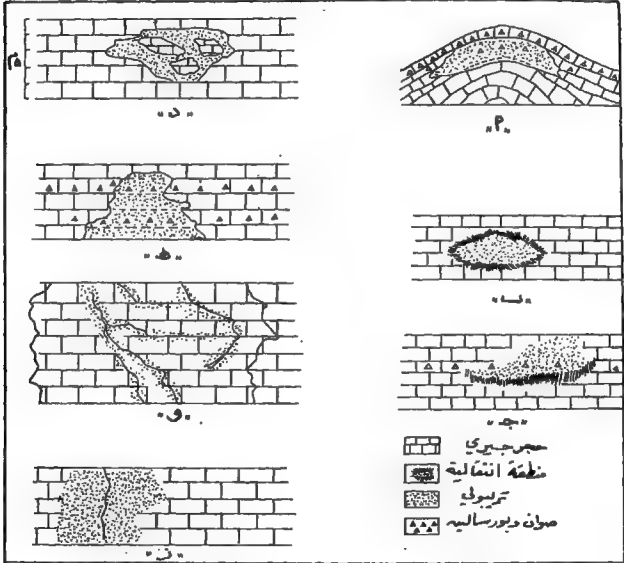
وفي منطقة عينون - الشهابية فان التتابع الطبقي الأصلي قد تم إحلاله كلياً عمودياً وأفقياً بواسطة التريبولي، وقد لوحظ في أماكن عديدة وخاصة في منطقة وادي الموجب، بقايا لطوابع وقوالب الأحافير التي كانت موجودة في الصخر الأصلي قد تم حللها كلياً بواسطة التريبولي، وقد حفظت بدرجة عالية بحيث تظهر التفاصيل كافة (شكل ١١-٥).



شكل ١١-٣ مقطع عام يبين وجود التريبولي في وحدة الحجر الجيري السيليسي .

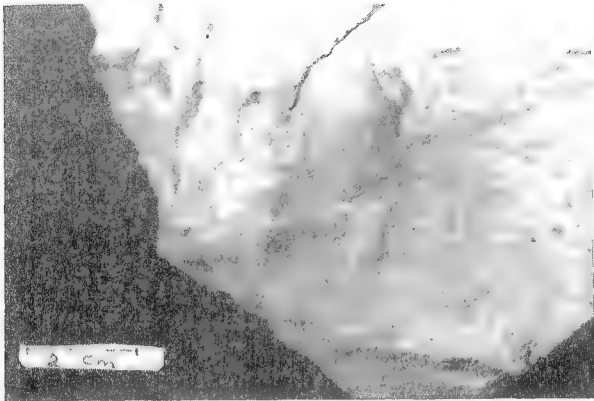
التركيب المعدني

يمكن تقسيم التريبولي مجهريا الى ثلاث مجموعات مشابهة للتقسيم الحقلي : المجموعة الأولى من الحجر الجيري الحقيق الحبيبات إضافة الى المحتوى متفاوت من الأحفيرة الكبيرة والصغيرة. وتوجد بلورات الكالسيت كبير الحجم كترسبات ثانوية في التشققات والكسور وحولها نتيجة للذوبان وإعادة التبلور، وتوجد أيضا بلورات من الكوارتز الثانوي حول هذه التشققات. أما المجموعة الثانية من العينات المأخوذة من المنطقة الانتقالية بين الحجر الجيري والتريبولي أو الصوان والتريبولي فتدل على زيادة نسبة حبيبات الكوارتز



شكل ١١ - ٤ أشكال مختلفة لوجود خامات التريبولي في الطبقات المصاحبة في الأردن (٥).

- أ. ب. التريبولي يتبع التراكيب الرسوبية
ج. التغير التدريجي في تركيب راسب التريبولي من نقي الى تريبولي غني بالكالسيت الى حجر جيري نقي.
د. هـ. بقايا الحجر الجيري، الصوان والبورساليين في راسب التريبولي.
و. ز. التريبولي على شكل تكونات تتبع الكسور والشقوق.



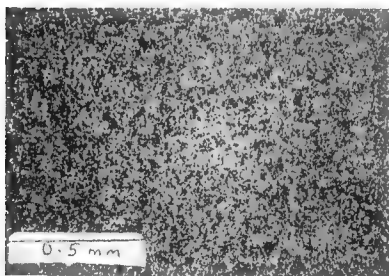
شكل ١١ - ٥ بقايا لحفرية تم احلالها كلياً بواسطة التريبولي.

المكون للتريبولي على حساب الكالسيت مستتر التبلور أو الكوارتز مستتر التبلور. وتظهر الصورة (شكل ١١ - ٦) وجود بقايا وبقع غير منتظمة من الصخر الأصلي (الحجر الجيري) في مجموعة المنطقة الانتقالية من العينات كما تظهر بقايا لبعض الأحافير الصغيرة والكبيرة. وتبين دراسة المجموعة الثالثة من العينات بأنها مكونة كلياً من التريبولي وتدل على أن إحلالاً كاملاً قد تم للحجر الجيري أو للصوان بواسطة السيلكا شكل (١١ - ٧).

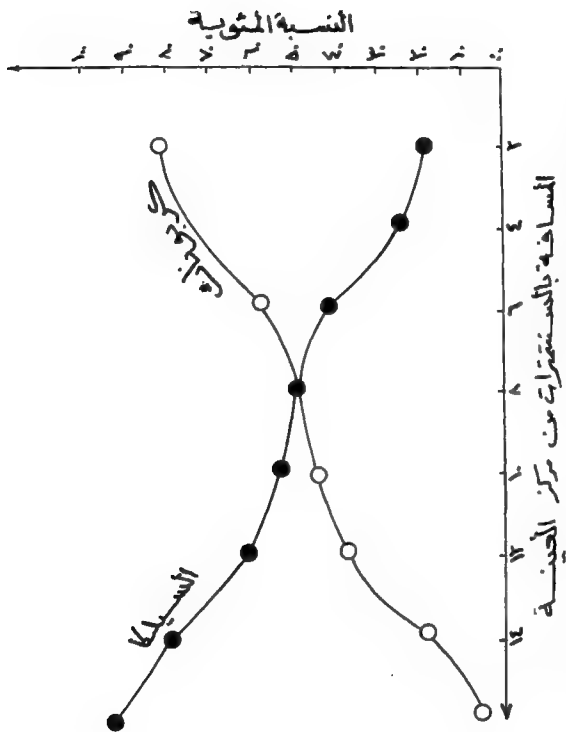
وقد اختيرت عينات كبيرة الحجم يتراوح قطرها بين ٤٠ - ٦٠ سم وتحتوي على ثلاثة نطاقات تتغير في التركيب من حجر جيري إلى تريبولي. وتمت دراسة محتوى الكالسيت والكوارتز لعينات صغيرة مأخوذة من النطاقات الثلاثة المختلفة للعينات كبيرة الحجم التي تبين نطاقاً خارجياً مكوناً من الحجر الجيري ونطاقاً انتقالياً مكوناً من خليط من الحجر الجيري والتريبولي وآخر داخلياً مكوناً من التريبولي. وأخذت عينات متساوية الوزن كل ٢ سم من المركز حتى النطاق الخارجي وتمت دراسة محتواها من الكالسيت.



شكل ١١-٦ صورة مجهرية تبين احلال السيليكا (التريبولي) محل الحجر الجيري. وتظهر بقايا الح
الجيري بشكل غير منتظم.

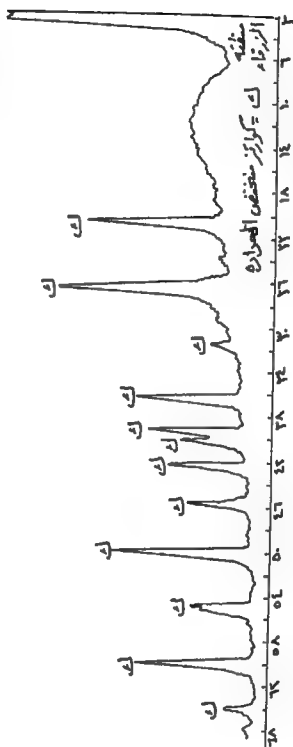
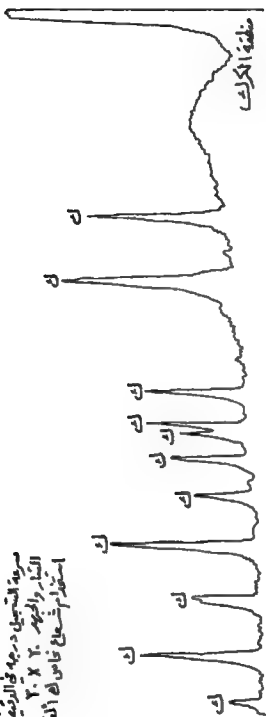


شكل ١١-٧ صورة مجهرية للتريبولي (احلال كامل).

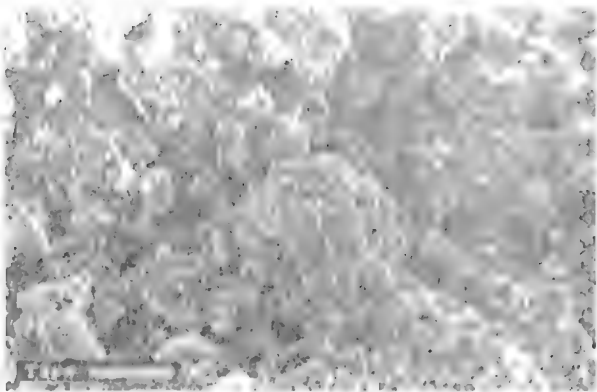


شكل ١١ - رسم يبين العلاقة بين النسبة المئوية لاحتويات التريبوليت من الكريونيات والسيلكا والمسافة بالمستقرات من مركز العينة.

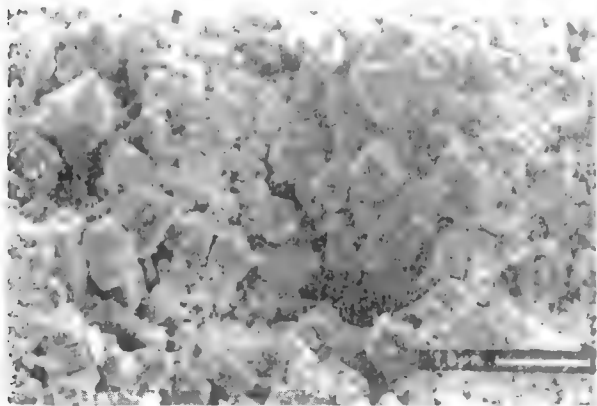
سرعة التسخين: درجة في الدقيقة
 ٢٠ x ٢٠
 الشار والجهد
 استخدام شعاع خاص ك ألفا



شكل ١١ نتائج حيود الأشعة السينية لعينتين من التريبولي مأخوذتين من منطقة الكرك والزرقاء وتبين معدن الكوارتز كمكون أساسي.



شكل ١١ - ١ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح بسطح الكوارتز كامل الأوجه مع سليكا مملوكة على شكل
أوبال - سي تي يعتقد بأنها المرحلة قبل تكوين الكوارتز كامل الأوجه.



شكل ١١ - ١١ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح بسطح الكوارتز كامل الأوجه مع سليكا وكالسيوم مستر
التبلور.

و يبين الشكل (١١-٨) نتائج هذه الدراسة على عينات كبيرة تتميز بوجود النطاقات الثلاثة السابقة الذكر حيث يبلغ قطر هذه العينة ٥٠ سم.

وتدل النتيجة على وجود علاقة عكسية للمحتوى المعدني لكل من الكالسيوم والكوارتز، حيث تزيد نسبة الكوارتز على حساب نسبة الكالسيوم اذ تبلغ أعلى نسبة للمحتوى من الكوارتز في وسط العينة التي تدل على الاحلال الكامل للحجر الجيري بواسطة السيليكا.

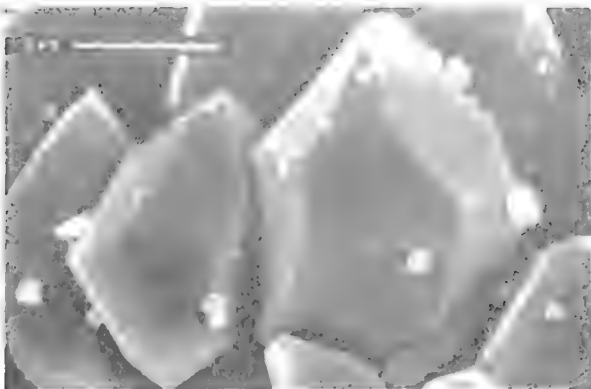
وبينت دراسة المحتوى المعدني للعينات بواسطة جهاز حيود الاشعة السينية بأن كافة عينات رواسب التريبولي متشابهة. و يبين شكل (١١-٩) نموذجين لنتائج عيقتين من منطقتي الزرقاء والكرك. و يظهر وجود معدن الكوارتز كمحتوى أساسي، وفي دراسة لعينات من البورساليينيت في جنوبي الأردن تبين أنها تتكون من الكوارتز اضافة الى الأوبال -سي تي الذي يتميز بالانعكاسات ٢٤، ٢٥ انجستروم. ولقد أدت هذه النتائج الى الاعتقاد بأن الأوبال -سي تي هو المرحلة المتوسطة لتغير البورساليينيت الى تريبولي. وفي دراسة قام بها المؤلف على الخصائص الحرارية للتريبولي الأردني وجد بأنها تتغير الى اوبال -سي تي على درجة حرارة تتراوح بين ٢٢٠-٢٧٠ درجة مئوية.

وتبين الأشكال (١١-١٠، ١١-١١، ١١-١٢) بلورات الكوارتز كاملة الأوجه اضافة للسيليكا الزجاجية غير المتبلورة وبقايا كربونات الكالسيوم. و يتضح من شكل ١١-١٣ وجود بلورات كوارتز وبلورات صغيرة من الليسفيرز لمعدن الأوبال -سي تي الذي يفسر أن الأوبال يسبق تكون معدن الكوارتز المستقر الكامل الأوجه.

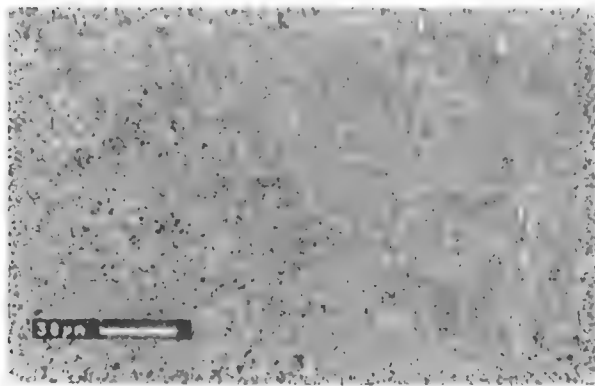
نشأة رواسب التريبولي

يتضح مما سبق ان رواسب التريبولي تتكون أساسا من معدن الكوارتز الدقيق الحبيبات الكامل الأوجه، وتنحصر الخامات الاقتصادية في وحدة الحجر الجيري السيليسي التابع للعصر الطباشيري العلوي وهي تغطي مناطق شاسعة من الأردن من شمالية الى جنوبية. يوجد التريبولي ايضا وبشكل محدود مصاحبا لطبقات الصوان والبورساليينيت في وحدة الفوسفوريت التي تعلو الحجر الجيري السيليسي.

لقد أثبتت الدراسات التي قام بها المؤلف أن رواسب التريبولي تكونت نتيجة الاحلال المباشرة للمياه الغنية بالسيليكا التي حلت محل كربونات الكالسيوم للكون الاساسي للحجر الجيري، أو نتيجة إعادة تبلور مكونات البورساليينيت من أوبال -سي تي غير الثابت. و يعد التغير في درجة تركيز أيون الهيدروجين (الحامضية - القلوية) في المياه المتخللة هو العامل المؤثر في ذوبان أو ترسب السيليكا على حساب كربونات الكالسيوم. ومصدر السيليكا الذائبة هو الطبقات الصوانية والبورساليينية في وحدة الفوسفور ووحدة الحجر الجيري السيليسي وعادة ما تكون المياه المتخللة في الصخور الجيرية قلوية نتيجة ذوبان الكالسيوم بالمياه الحامضية الغنية بحامض الكربونيك الناتج من ذوبان ثاني أكسيد الكربون بالماء. و يعتقد



شكل ١١-١٢ صورة تحت المجهر الإلكتروني للمسح بين الكوارتز والألمال - سي هي المكون الأساسي للبوسول الأريدي.



شكل ١١-١٣ صورة تحت المجهر الإلكتروني للمسح بين الكوارتز والألمال - سي هي المكون الأساسي للبوسالينيت.

المؤلف أن درجة القلوية تزداد محليا في بعض المناطق كالمقارن وضبعة نتيجة وجود معدن البورتلانديت Portlandite سهل الذوبان في الماء في وحدة الحجر الجيري البيتيوميني^(١) (Khoury, 1985)، التي تعلو وحدة الفوسفوريت. وتزداد كمية رواسب التريبولي على حساب الحجر الجيري وخاصة في المناطق التي تزداد نفاذيتها (مستويات التطبق والشقوق والفواصل)، و يعتقد بأن لوجود بلورات من الجبس أو الهاليت في الحجر الجيري تأثيراً مباشراً على ترسيب بلورات الكوارتز كامل الأوجه. كما سهلت معادن المتبخرات عملية ذوبان كربونات الكالسيوم وترسيب السيليكا. أما بالنسبة لخامات التريبولي الموجودة في طبقات الصوان والبورساليينيت فيعتقد المؤلف بأن الصوان والفوسفوريت في وحدة الفوسفوريت مرتبطان من حيث النشأة حيث أن للتيارات الصاعدة دوراً مهماً في حمل السيليكا الناتجة عن ذوبان الدياتومايت والرايولاريا إلى المناطق الضحلة وترسيبها على شكل كوارتز أو أوبال - سي تي غير ثابت حسب تركيز السيليكا في مياه البحر. و يترسب الكوارتز عادة في محاليل سيليكاتية مخففة^(١) (Robertson, 1977)، وعليه فإن حجم بلورات الكوارتز المستتر في الصوان الذي يعتقد بأنه كان أصلاً أوبال - سي تي ووجود معدن الأوبال - سي تي غير الثابت في البورساليينيت والمسامية والنفاذية العالية الناتجة عن الكسور والشقوق والفواصل وربما وجود ترسبات ثانوية أخرى من معادن المتبخرات ساعدت في الذوبان وإعادة التبلور إلى معدن أكثر ثبوتاً وهو الكوارتز كامل الأوجه.

أن لطبيعة تكوين رواسب التريبولي ووجودها بكميات تجارية امكانية للمساهمة في الصناعات المحلية المختلفة كصناعة التعبئة ومواد الحك والكشط وهناك حاجة ماسة لاجراء التجارب الصناعية على هذه الخامات.

References

1. Bender, F., 1968: *Geologie Von Jordanein, Beitrage Zur Geologie der Erde.* Borntraeger, Berlin, 203 p.
2. Jeresat, K., and Bashir, S., 1972: The tripoli occurrences between Madaba and Tafila, N.R.A. Internal Report, Amman.
3. Karam, S., 1973: Geological report on some tripoli occurrences in Jordan. Royal Sci. Soc., Amman.
4. Khoury, H., 1985: The origin of highly alkaline water form Maqarin area, Jordan, *Dirasat*, 12:125-133.
5. Khoury, H., 1986: The origin of tripoli in Jordan., *Sediment. Geol.*, 48:223-235.
6. Khoury, H., 1987: Tripolization of chert in Jordan., *Sediment. Geol.*, 53:305-310.
7. Krashan, G., 1988: Sedimentology and geochemistry of Amman Formation in Wadi El-Mujib area, central Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, U of Jordan.
8. Omari, K., 1975: The tripoli prospects of Ainun and El-Shehabiyeh, N.R.A. Internal, Amman.
9. Robertson, A., 1977: The origin and diagenesis of chert from Cyprus. *Sedimentology.*, 24: 11-30.
10. Saadi, T., 1968: Tripoli. N.R.A Internal Report, Amman.

الفصل الثاني عشر

الرخام

الرخام

يوجد الرخام في ثلاث مناطق في الأردن هي ضبعة - سواقة ٥٠ كم جنوب عمان، وصويلح ١٦ كم شمال غرب عمان، والمقارن ١٦ كم شمال اربد (شكل ١٢ - ١) و يغطي في المنطقة الأولى مساحات شاسعة و يستخرج من المحاجر المختلفة و يباع كاحجار للزينة، و يتميز الرخام في جميع المناطق بألوانه العديدة التي تحتوي على ألوان البني والأحمر والوردي والأبيض والأرجوني والأسود والأصفر والأخضر. و يمكن أن تظهر معظم الألوان في منطقة صغيرة لا تتعدى مساحتها الأمتار أوحىى الستيمترات، و يمكن مضاهاة هذه الصخور من جميع النواحي الجيولوجية والطبقية والمعدنية والكيمائية مع بعضها بعضاً ومع النطاقتات الملونة المعروفة بفلسطين. ولقد درست النطاقتات الملونة في السابق من قبل العديد من الباحثين مثل (٥،٦،٧،٨،٩،١٠،١١،١٢،١٣،١٤،١٥).

Bentor et al, 1963; 1972; Gross et al, 1967;

Kolodny et al, 1971; 1973; Kolodny and Gross, 1974;

Gross, 1977; Matthews and Kolodny, 1978;

and Kolodny, 1979.

ونظرا لأهمية النطاقتات الملونة من وجهة النظر الأكاديمية فسوف يستعرض المؤلف نتائج الأبحاث التي تمت على الرخام الأردني.

جيولوجية مناطق الرخام

منطقة ضبعة - سواقة

لقد ذكر (٢٨،٢٩) Burdon, 1959; and Ruef and Jeresat, 1965 وجود الرخام في وسط الأردن حيث أرجع سبب اللون الأخضر الى وجود عنصر الكروم، ثم وصف (٣) Bender, 1968 صخور ضبعة - سواقة بأنها تحتوي على معادن غير عادية مثل الكروماتيت Chromatite والتيتاميونيت tyuyamunite موجودة أيضا في وحدة الفوسفوريت. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية (٩) (Hakki, 1978) بدراسة الجدوى الاقتصادية للرخام في وسط الأردن وتم رسم خرائط جيولوجية مفصلة مقياس (١: ٥٠,٠٠٠) لمناطق خان الزبيب وسواقة (١٢،١١) (1986 Jasser, 1986. Barjous) و يبين شكل (١٢ - ٢) التتابع الطبقي للصخور المتكشفة في وسط الأردن. و يوجد الرخام في وحدة الطباشير - المارل التي تعلو وحدة الفوسفوريت، و يتراوح عمر هذه الصخور بين الماسترختي والباليوسين وتبلغ سماكتها حوالي ٧٠ م في خان الزبيب وتصل الى ٢٧٠ م الى الشرق. و يتكون الجزء السفلي من الطباشير الأبيض والصوان والحجر الجيري والمارل البيتيومييني. أما الجزء العلوي فيحتوي على الرخام والحجر الجيري البيتيومييني. وتقطع المنطقة مجموعتان من الصدوع تتجه شرق غرب (صدوع زرقاء ماعين) وشمال غرب - جنوب شرق (مجموعة صدوع وادي الحمام). وتتكون في الرخام مجموعة

صدوع صغيرة تتجه شمال شرق - جنوب غرب. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الرخام يمتد إلى الشرق من طريق ضبعة - القطرانة إلى ما يزيد عن ٣٠ كم وأن الدراسة التفصيلية لوجود الرخام في تلك المناطق هي من ضمن الضروريات المستقبلية في البحث الجيولوجي في الأردن.

منطقة صويلح

و يوجد الرخام في الطبقات المكافئة لصخور الماسترختي - الباليوسين نفسها. ولقد قام (٢١) Wiesemann and Rósch, 1969 بدراسة المنطقة جيولوجياً و بينوا أن سبب التحول هو الميتاسوماتزم وتأثير الحركات التكتونية اللاحقة. والشكل (١٢ - ٣) هو مقطع في منطقة صويلح يبين أماكن توضع الرخام حيث يظهر تأثير التحول أيضاً على وحدة الفوسفوريت. وتطغى صخور الأباتيت شيسيت الخضراء على مجموعة الصخور المتحولة الأخرى والمتميزة بالألوان البنية والسوداء. وتتكشف في منطقة صويلح بقايا وحدة الطباشير - الطفال على شكل صخور جبيرية بيتيومينية. ومنطقة وجود الرخام هي جزء من طية محدبة (انثناء) تتجه ١٤٥ درجة شمالاً وتميل ٤٥ درجة جنوب شرق، والطية المحدبة هي جزء من تراكيب أخرى معقدة تؤكد وجود قوى ضاغطة (٢١، ٢٢) Mikble and Zacher, 1981; Salameh, 1980;

منطقة المقارن

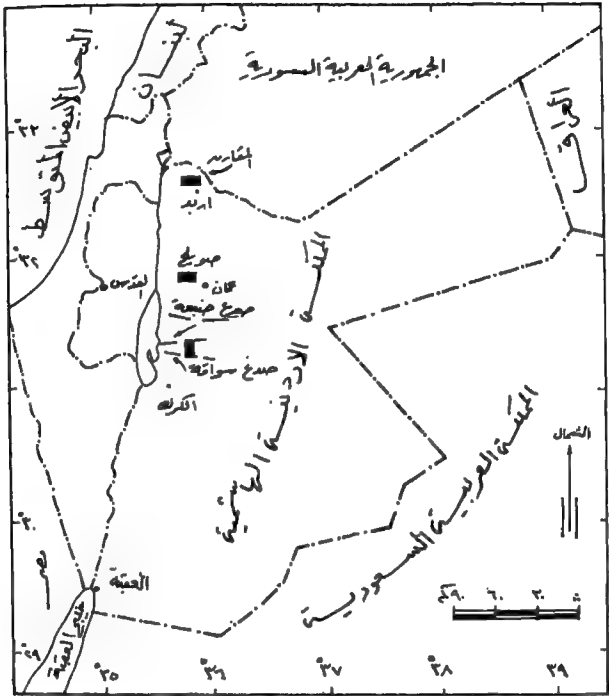
يوجد الرخام الملون على شكل غير منتظم في الوحدة الصخرية نفسها التابعة للعصر الماسترختي - الباليوسين. ولقد بين (٢٣) Wiesemann and Abdullatif, 1963 أن سماكة وحدة الطباشيري المارل تصل إلى ٢٠٠ م و يتكشف الحجر الجيري البيتيوميني في منطقة نهر اليرموك والمناطق المجاورة (شكل ١٢ - ٤)، وتصل سماكته إلى ٥٠ م تعلوه صخور من الحجر الجيري والطباشيري والصوان تصل سماكتها إلى ١٠٠ م في منطقة نهر اليرموك. وتتميز هذه الصخور بأنها كثيرة الشقوق والفواصل وخاصة في الجزء السفلي حيث تظهر عقد الصخور المتحولة بين الصخور الرسوبية البيتيومينية، ويغطي البازلت (١٥ م) من العصر البلايستوسين وحدة الطباشير - المارل.

التركيب المعدني والكيمائي للرخام

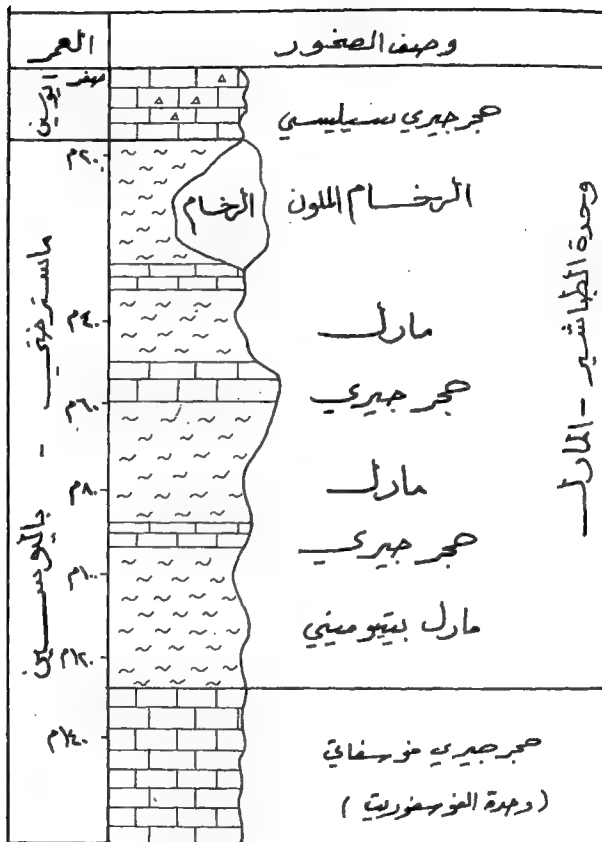
لقد أجريت دراسات عديدة على تكوين الرخام المعدني، وكان من نتائج هذه الدراسات ايجاد مجموعات من المعادن غير العادية وبعضها يعرف لأول مرة مثل معدن الهاشميت (١٠) Hashemite (1979) Hauf) والفولكونسكويت الخالي من الحديد (١١) Volkonskoite (1984) Khoury et al). ولقد أجريت الدراسات المعدنية والكيمائية من قبل عدد من الباحثين مثل (١١، ١٥، ١٦، ٢٠، ٢٧):

Heimbach and Rósch, 1980; Khoury and Nassir, 1982 a and b;

Nassir and Khoury, 1982; Khoury and Salameh, 1986



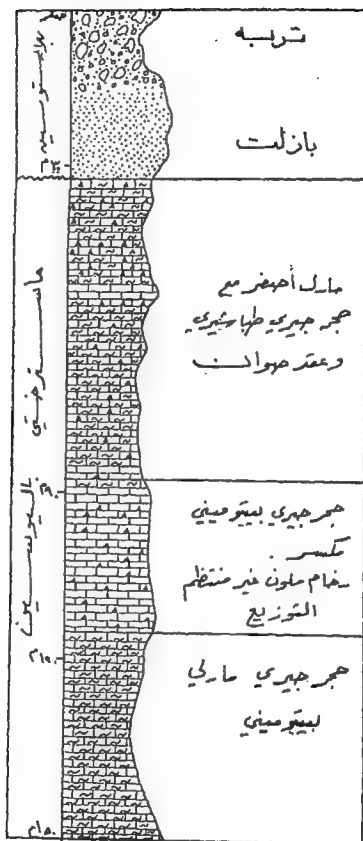
شكل ١٢-١ خريطة تبين أماكن وجود الرخام في الأردن.



شكل ١٢-٢ مقطع جيولوجي عام في منطقة ضبعة - سواقه يبين توضع الرخام بالنسبة للصخور الأخرى.

العمق	وصف الصخور
ماستر خمني - بالوسيد	<p>حجر جيرى فوسفاتي مطبوخ</p> <p>حجر فوسفاتي وجرى بيثوميني مع رغام ملون</p> <p>« وحدة الفوسفورية - الطباشير مارل »</p>
كاملاني - ماستر خمني	<p>حجر جيرى طباشيري ومارلي</p> <p>متبادل مع طبقات من الصوان</p> <p>« وحدة الحجر الجيري السيليسي »</p>
سانوف	<p>حجر جيرى مارلي</p> <p>« وحدة الحجر الجيري اللين »</p>

شكل ١٢-٣ مقطع جيولوجي عام في منطقة صويلح يبين توزيع الرغام.



شكل ١٢-٤ مقطع جيولوجي عام في منطقة المقارن بين توضع الرخام.

ولا يزال المؤلف يقوم بالعديد من الأبحاث على المعادن غير العابية في مناطق الرخام المختلفة وخاصة معادن السيليكات ومجموعة المعادن التي تبين الإحلال الكامل مثل اترنجيت - ثوماسيت Ettringite-Thaumasite وهيدروكسي ابوفيلليت Hydroxy-apophyllite والتو بيرموريت الغني بالالومنيوم Tobermorite.

وتتشابه المعادن المكونة للرخام الملون في جميع المناطق وتزداد نسبها وتنقص من منطقة الى منطقة ومن عينة الى أخرى. فمثلا تشترك صخور الرخام بوجود معادن الاباتيت والكالسيت والشبورييت بنسب مختلفة حتى في العينة الصخرية نفسها وتوجد بعض المعادن كمكونات أساسية للصخور مثل البورتلانديت في المقارن.

و يمكن تصنيف المعادن المكونة للرخام في الأردن الى مجموعتين أساسيتين : -
المجموعة الاولى : مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة العالية الشبيهة بمعادن الصخور المتحولة الحرارية والمتكونة تحت ضغط منخفض، وهذه المعادن هي كاليسيت Calcite، واباتيت Apatite، وشبورييت Spurrite وديو بسيد Diopside ولاشتونيت Wollastonite وانورثيت Anorthite وجرافيت Graphite وجارنت Garnet و بيرفوسكيت Pervoskite وسيليكات الكالسيوم الثنائية Dicalcium-silicates ولارنيت Larnite وسيليكات الكالسيوم الثلاثية Tricalcium-silicates.

المجموعة الثانية : مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة الشبيهة بنواتج الاسمنت المميّه والمكرنة وتتضمن كبريت Sulfur وهاليت Halite وهيماتيت Hematite وماجهيميت Maghemite وبيرولوسيت Pyrolusite وكوارتز Quartz و او بال Opal-A و او بال - سي تي Opal-CT و بورتلانديت Portlandite وجوثيرت Goethite وسيليكات الكالسيوم الثنائية المميّه Dicalcium-silicate-hydrate وسيليكات الكالسيوم المميّه Calcium-silicate-hydrate و كالسيت Calcite وفاتيريت Vaterite و اراجونيت Aragonite ودولومايت Dolomite وثلاثي كربونات الالومنيوم والكالسيوم Calcium-aluminate-tricarbonate-hydrate. وباريت Barite و هاشميت Hashemite وجبس Gypsum و اترنجيت Ettringite وفلور أباتيت Fluorapatite و باسانيت Bassanite وافو يليت Afwillite و كالسيت ثانوي Calcite و أباتيت ثانوي Apatite وفرانكولايت Francolite وميتا أوتونيت Meta-autunite وميتا تيناميونيت Meta-tyinamunite و ثوماسيت Thaumasite وتو بيرموريت Tobermorite و ابوفيلليت Apophyllite و مونتوريلاونيت Montmorillonite وفولكونسكويت Volkonskoite وكاولينيت Kaolinite. و يبين الجدول (١٢ - ١) المعادن ذات درجة الحرارة المرتفعة والمنخفضة التي تم التعرف إليها في مناطق الرخام في الأردن، ومن المتوقع التعرف الى عشرات المعادن الأخرى. ولقد سجل أكثر من مائة معدن في منطقة النطاقات الملونة (Gross, 1977).

جدول (١٢ - ١) المعادن التي تم التعرف إليها في مناطق الرخام الأردنية

١ - مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة العالية التركيب الكيميائي

Ca CO ₃	كالسيت
Ca ₅ (PO ₄) ₃ F	فلور أباتيت
Ca ₅ CO ₃ (SiO ₄) ₂	شبوريت
Ca (Fe,Mg) Si ₂ O ₆	ديوبسيد
Ca SiO ₃	ولاشتونيت
Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	انورثيت
C	جرافيت
Ca ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	جارنت
Ca TiO ₃	بيرفوسكيت
β- Ca ₂ (SiO ₄)	لارنيت
Ca ₃ (O/SiO ₄)	سيلكات الكالسيوم الثلاثة

ب - مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة التركيب الكيميائي

S	كبريت
NaCl	هاليت
Fe ₂ O ₃	هيماتيت
γ-Fe ₂ O ₃	ماجهيميت
MnO ₂	بيرولوسيت
SiO ₂	كوارتز
SiO ₂	اوبال - سي تي
Ca (OH) ₂	بورتلانديت
FeO. OH	جوشيت
CaH ₂ (Si ₂ O ₆). H ₂ O	سيلكات الكالسيوم المائية
μ = Ca CO ₃	فاتيريت
Ca ₂ (HSiO ₄)OH	سيلكات الكالسيوم الثنائية المائية

يتبع جدول (١٢ - ١)

Ca CO_3	أراجونيت
$\text{Ca Mg (CO}_3)_2$	دولومايت
$\text{Ca (Mg, Mn) (CO}_3)_2$	كوتناهوريت
Ca SO_4	انهيدرايت
Ba SO_4	باريت
Ba (Cr,S) O_4	هاشميت
$\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	جبس
$\text{Ca}_6 (\text{Al(OH)}_6)_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$	إترنجيت
$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2$	باسانيت
$\text{Ca}_3 (\text{SiO}_3 \cdot \text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	أفويليت
$\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 (\text{CO}_3)_3 (\text{OH}, \text{F})$	فرانكوليت
$\text{Ca}[(\text{UO}_2) (\text{PO}_4)]_2 \cdot 2-6\text{H}_2$	ميتا أوتيونيت
$\text{Ca} ((\text{UO}_2) (\text{VO}_4))_2 \cdot 3-5\text{H}_2\text{O}$	ميتاتيناميونيت
$\text{Ca}_6\text{H}_4 (\text{SiO}_4)_2 (\text{CO}_3)_2 \cdot 26 \text{H}_2\text{O}$	ثوماسيت
$\text{Ca}_5 \text{H}_2 (\text{Si}_3\text{O}_9)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	توبيرموريت ١٩,٣°
$\text{Ca}_5\text{H}_2 (\text{Si}_3\text{O}_9)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	توبيرموريت ١١,٣°
$\text{Ca}_5\text{H}_2 (\text{Si}_3\text{O}_9)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	توبيرموريت ١٤°
$\text{KFCa}_4 (\text{Si}_4\text{O}_{10})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	أبوفيليت
$\text{K}_{0.8} (\text{Al, Fe, Mg})_2 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	إليت
$\text{K}_{0.3} (\text{Al}_{1.7}\text{Mg}_{0.3}) \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$	مونتموريللونيت
$1.06 \text{M}^+ (\text{Si}_{7.39} \text{Al}_{0.61}) \text{Cr}_{2.20} \text{Mg}_{2.52} \text{O}_{20} (\text{OH})_4$	فولكونسكوييت
$\text{Al}_2 \text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$	كاولينيت

وتعد المعادن ذات درجة الحرارة المرتفعة المكون الأساسي لصخور الرخام، في حين توجد المعادن ذات الحرارة المنخفضة مألوفة الشقوق والفواصل والفراغات. و يبين الشكل (١٢-٥) عينة اسطوانية تظهر المعادن منخفضة الحرارة تملأ الفراغات وتنمو على حساب الرخام من منطقة المقارن، و يبين الشكلان (١٢-٦، ١٢-٧) صورتين مجهريتين لمعرفي الكالسيت والاباتيت المتبلورين اللذين يعتبران المكون الأساسي للرخام الأردني. وتوجد أشكال واللوان مختلفة لأطوار السيليكا المصاحبة (Khoury and Graetsch, 1989) أهمها الأوبال-سي تي والأوبال-أ ولوناليت Lunalite إضافة الى الكوارتز والكوارتزيت والكالسيدوني (الشكلان ١٢-٨ و ١٢-٩).

وتبين الاشكال (١٢-١٠، ١٢-١١، ١٢-١٢، ١٢-١٣، ١٢-١٤، ١٢-١٥، ١٢-١٦، ١٢-١٧) صوراً مختارة تحت المجهر الالكتروني الماسح لمعادن الأباتيت وكالسيت و اترنجيت -ثوماسيت (احلال كامل) وتوبيرموريت وجبس وباسانيت وأنهيدريت وهيدروكسي أبوفيلليت وتظهر بعض هذه المعادن تركيباً بلورياً جديداً ذا أهمية واسعة من الناحيتين الأكاديمية والاقتصادية وخاصة فيما يتعلق بصناعة الاسمنت. والبحث لا يزال مستمراً على هذه المعادن.

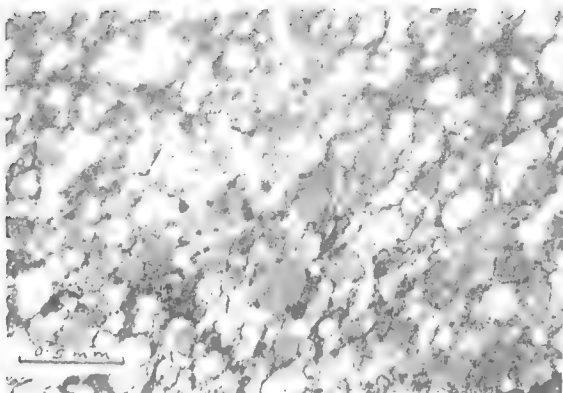
والتركيب الكيميائي لصخور معادن الرخام فريد و يختلف عن أي رخام معروف. و يبين الجدولان (١٢-٢ و ١٢-٣) التركيب الكيميائي للعناصر الأساسية والشحيحة لثلاث عينات من الرخام الرمادي والأخضر والبني. ومما يجدر نكره أن اللون الأخضر يعزى الى وجود معدن الأباتيت، وأن درجة التلون في رخام ضبعة لها علاقة بدرجات حرارة التحول الى الأباتيت والى وجود معادن ثانوية ملونة مثل الأترنجيت (الأصفر) والفولكونسكوييت (الأخضر) وتوبيرموريت وبورتلانديت (أبيض) ... الخ والتي تحمل نسبة عالية من العناصر الشحيحة مثل الكروم. و يبين جدول (١٢-٤) التركيب الكيميائي لمعدن ثوماسيت حيث يظهر بوضوح وجود نسبة عالية من ثالث اكسيد الكبريت التي تحل محل مجموعة الكربونات بحيث يتغير المعدن في حالة الاحلال الكامل الى اترنجيت. و يبين جدول (١٢-٥) التركيب الكيميائي لمادة ثانوية صفراء غير متبلورة مشابهة الى حد كبير التركيب الكيميائي لمعدن ولاشتونيت.

نشأة الرخام في الاردن :

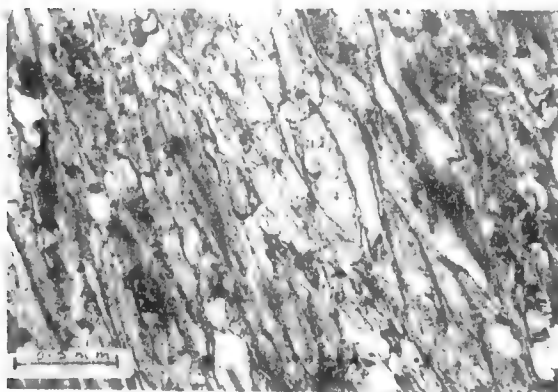
يوجد الرخام الملون في الأردن في الوحدة الصخرية نفسها المكافئة للحجر الجيري البينيتومييني (الصخر الزيتي) في وحدة الطباشير-المارل. و يغطي الصخر الزيتي الأردني مساحات شاسعة من الأردن، و يتكشف قريباً من السطح في أواسط الأردن وجنوبه. و يتميز الرخام كما نكرنا بوجود مجموعتين من المعادن :-



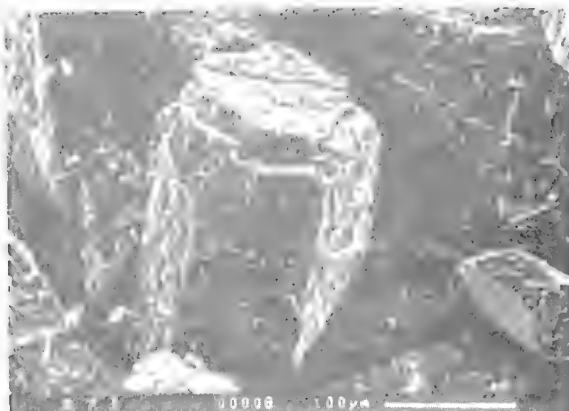
شكل ١٢ - عينة أسطوانية تبين المعادن منخفضة الحرارة مألوفة للفراغات ونامية على حساب الرخام.



شكل ١٢-٦ صورة مجهرية تبيّن معادن الكالسيت والأمانت المتبلور في الرخام



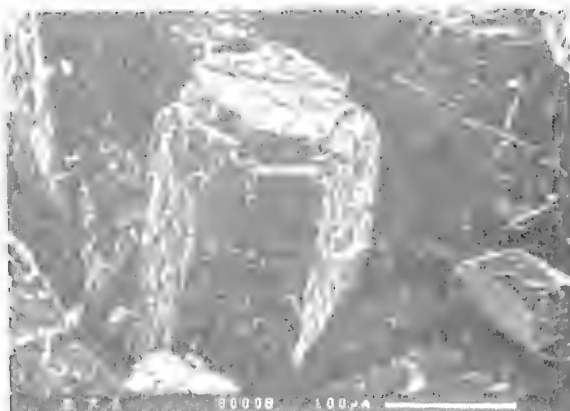
شكل ١٢-٧ صورة تبيّن معدن الأباتيت المتبلور من رخام صويلح.



شكل ١٢ - ١ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لعنبر ماسح



شكل ١٢ - ١١ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعدن كالسيت من منطقة ضبعة.



شكل ١٢ - ١ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعدن كالكسيت من منطقة ضبعة.



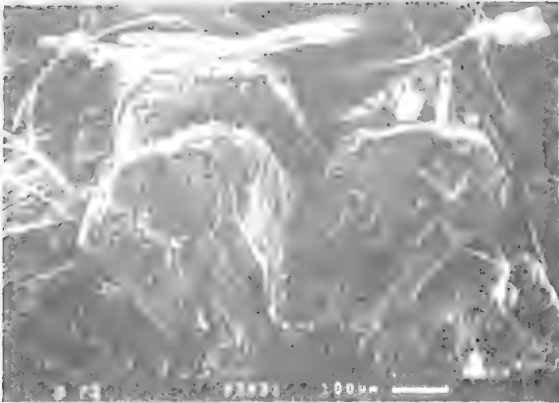
شكل ١٢ - ١١ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعدن كالكسيت من منطقة ضبعة.



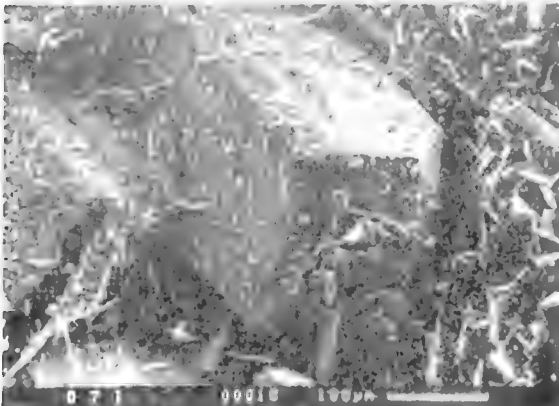
شكل ١٢ - ١١ صورة مجهر الانكسار من الماتريكس - بوماسيت (الجال كامل) من منطقة صمغ وظهر معها بلورات توبيرموريت.



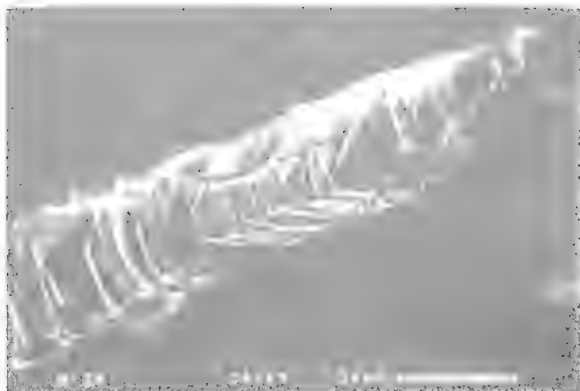
شكل ١٢ - ١٣ صورة مجهر الانكسار من الماسح للبلورات التوبيرموريت من منطقة صمغ



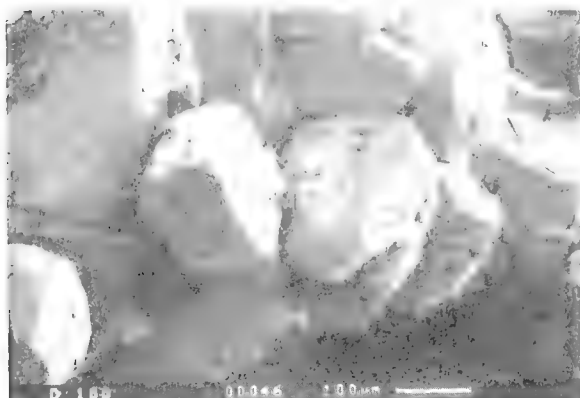
شکل ١٢-١٤ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح للثورات من التاليفات والاهتمات مع ثورات لعمدة من التوبيرموريت (ضبعة).



شکل ١٢-١٥ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح للثورات من الحس مع معادن طينه من منطقة صفة



شكل ١٢- ١٦ صورة تحت المجهر الإلكتروني لصفائح البورنلانديت مرصاة على شكل ابرى من منطقة المقارن.



شكل ١٢- ١٧ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعدن ابوفيلليت من منطقة ضبعة.



شكل ١٢-١٨ صورة ممثلة لظاهرة التركيب التشقي في الرخام نتيجة التمدد والتقلص.

١. مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة العالية والمشباهة الى حد كبير معادن الصخور المتحولة الحرارية التي تتكون عادة تحت ضغط منخفض. وتطفي عمليات فقدان ثاني اكسيد الكربون والماء واعادة التبلور على تكوين هذه المجموعة.
٢. مجموعة المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة التي تملأ الفراغات والشقوق نتيجة التبلور من المياه المتخللة أو خلال عمليات التميح والتكربن والاحلال... الخ لمعادن المجموعة الأولى.

و يتوقع أي باحث من أول نظرة للمجموعة الأولى من المعادن وجود صخر ناري متدخل مسؤول عن التحول الحراري للصخور الجيرية. ولكن الوضع يختلف في نشأة الرخام الاردني. فلا يوجد أي دليل على وجود صخر ناري متدخل في أي من مناطق الدراسة. كما أن الصخور المتحولة في منطقة ضبعة - سواقة تنتشر في مساحات شاسعة، والرخام محصور في الطبقات المكافئة للصخر الزيتي بحيث توجد صخور رسوبية بحرية في أعلى مناطق الرخام وأسفلها. وبالتالي فإنه يجب أن يكون هناك مصدر للحرارة العالية للتحول غير الصخور النارية المتدخلة. ولا يوجد تفسير سوى تبني نظرية الحرق الذاتي للصخر الزيتي. وعملية الحرق الذاتي معروفة وخاصة في مناجم الفحم حيث تصل الحرارة الى ١٠٠٠ درجة مئوية ولكن تحتاج الى ثلاثة شروط هي توافر الأوكسجين والمواد

جدول (١٢ - ٢) التركيب الكيماوي لثلاث أنواع من رخام ضبعة

الأكاسيد %	الرغام الرمادي	الرغام الأخضر	الرغام البني
SiO ₂	3.08	1.57	8.4
TiO ₂	0.01	0.01	0.02
Al ₂ O ₃	0.35	0.45	5.03
Fe ₂ O ₃	0.27	0.17	0.26
MnO	0.68	0.01	00.0
MgO	2.18	0.28	0.2
CaO	47.75	55.12	36.66
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.01	0.00	0.00
P ₂ O ₅	0.01	22.34	1.2
SO ₃	0.54	0.31	10.14
LOI	43.8	18.70	36.70
	98.68	99.00	98.61

العضوية البيتيومينية والحدث الذي يساعد على بدء التفاعل. إن قرب الصخر الزيتي من السطح وتأثره بالعوامل التكتونية المختلفة في مناطق الرغام ساعدت في تكوين الكسور والشقوق التي فتحت الطريق للاوكسجين لينفذ. وكما هو معروف فإن الصخر الزيتي غني بالكبريت الذي يصل نسبته الى أكثر من ٢٥٪ من المحتوى الصخري. ولكن ما هو الحدث الذي بدأ عملية الاحتراق؟ لا بد وأن هنالك علاقة بين تكتونية مناطق الرغام و بدء التفاعل، فمثلا التصدع الكثيف في منطقة ضبعة (نهاية عصر الميوسين) والانشاء في منطقة صو يلح وصعود الصهير البازلتية في عصر البلايستوسين في المقارن. إن بدء عملية الحرق للصخر الزيتي سوف يؤدي الى ارتفاع حرارة الصخر وتمده و يتبع ذلك عمليات

جدول ١٢ - ٣ العناصر الشحيحة في ثلاثة انواع من رخام ضبعة

العناصر (جزء بالمليون)	الرغام الرمادي	الرغام الاخضر	الرغام البي
Ba	171	497	121
Ce	46	39	90
Co	4	1	0
Cr	17	438	4319
Cu	30	261	250
La	66	103	174
Nb	0	0	9
Ni	20	25	183
Pb	9	28	0
Rb	0	0	1
Sc	0	0	0
Sr	7262	1268	269
Th	0	4	7
V	19	150	346
Y	3	76	17
Zn	21	954	1763
Zr	159	35	4

جدول (١٢ - ٤) التركيب الكيماوي لمعدن
ثوماسيت يبين الاحلال الجزئي مع معدن
اترنجيت من منطقة المقارن

الأكاسيد	النسب المئوية
CaO	25.4
MgO	0.06
SiO ₂	8.9
CO ₂	7.7
SO ₃	16.0
H ₂ O—	36.18
H ₂ O ⁺	4.61
Al ₂ O ₃	0.19
المجموع	99.04

جدول (١٢ - ٥) التركيب الكيماوي لمادة
غير متبلورة صفراء من منطقة المقارن

الأكاسيد	النسبة المئوية
SiO ₂	25.12
TiO ₂	0.00
Al ₂ O ₃	0.07
Fe ₂ O ₃	0.13
MnO	0.00
MgO	0.09
CaO	43.63
Na ₂ O	0.00
K ₂ O	0.01
P ₂ O ₅	0.17
SO ₃	2.17
Cr ₂ O ₃	0.04
ZnO	0.34
L01	28.20
	99.97

التبريد والتقلص مما يساعد في تكوين قنوات ثانوية تسهل حركة الاوكسجين الذي يعتبر توافره من أهم عوامل استمرارية التفاعل. و يبين شكل (١٢-١٨) عينة رخام تمثل ظاهرة التركيب التشققي نتيجة التمدد والتقلص.

ولقد دعمت دراسة النظائر الثابتة للأوكسجين مبدأ الحرق الذاتي للصخر الزيتي، وكما يبين شكل (١٢-١٩) فان هناك تركيزاً للنظائر الخفيفة في الصخور المتحولة مقارنة بالصخور غير المتحولة^(١٢) (Khoury, 1989). وكلما زادت حرارة الاحتراق زاد تركيز النظائر الخفيفة. و يتصاعد ثاني اكسيد الكربون الغني بالكربون الخفيف عادة نتيجة عملية الحرق للمواد العضوية و يدخل في تركيب الكالسيت والاباتيت والشبوريث المتبلور. ولكي يستمر التفاعل وخاصة عند تكوين بعض المعادن مثل ولاشتونيت، يجب ان يبقى تركيز ثاني اكسيد الكربون في الصخور منخفضاً عن طريق خروجه الى الجو أو تخفيفه عن طريق المياه المتخللة.

أما المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة فان تكوينها له علاقة مباشرة بوجود مياه قلووية تتخلل هذه الصخور تصل قلويتها الى اكثر من (١٢). وقد سجلت هذه المياه في منطقة المقارن^(١٣-٢٠) Khoury, 1985; Khoury et al, 1985. و يبين جدولا (١٢-٦ و ١٢-٧) التركيب الكيماوي للمياه القلووية من حيث الاملاح الذائبة والعناصر النادرة والتي هي أصلا ذات تركيز عال في الصخر الزيتي. وكما يظهر فان هذه المياه القلووية هي من النوع هيدروكسيد الكالسيوم، وتكونت نتيجة ذوبان البورتلانديت الذي يعتبر معدناً واسع الانتشار وخاصة في منطقة المقارن. ويتكون البورتلانديت نتيجة تجميع اكسيد الكالسيوم الناتج عن كلسنة الحجر الجيري البينيتوميني الخالي من الشوائب السيليكاية. وتتفاعل هذه المياه مع ثاني اكسيد الكربون بمجرد خروجها الى السطح وترسب الكالسيت على شكل صواعد وهوابط (شكل ١٢-٢٠).

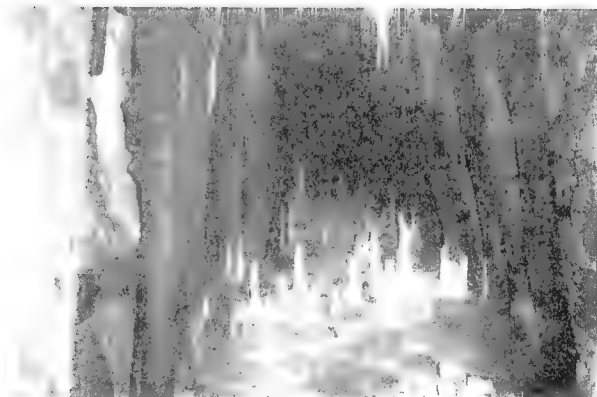
إن المياه القلووية الغنية بهيدروكسيد الكالسيوم المتخللة في الصخر الزيتي أو نواتجه من الرخام هي المسؤولة عن ترسيب الترافرتين وتكوين المعادن المنخفضة الحرارة ذات التركيب الكيماوي المتباين، كذلك فان لهذه المياه القدرة على التفاعل واستخراج العناصر المختلفة من الصخور التي تتخللها وترسيبها على شكل معادن ثانوية. ولقد بين Barnes, et, 1982^(٢١) أن المياه القلووية من وادي السجين في منطقة المقارن فوق مشبعة بالنسبة لبعض المعادن مثل ولاشتونيت الذي يعتبر معدنا مميزاً للتحويل الحراري العالي.

جدول (١٢ - ٦) التركيب الكيماوي للمياه القلوية من منطقة المفارن

	نق A-6	نوع وادي السجين	بئر FS-1	منطقة الترافرنين	نق AFS-2	نق A-1	نق A-4
Temperature (°C)	—	29.8	34.8	—	34.8	—	—
pH	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
Ca ²⁺ mg l ⁻¹	486.98	816.03	928.84	736.47	679.36	710.10	810.02
mg l ⁻¹	24.30	40.70	46.10	38.70	33.90	35.48	16.60
meq%	87.13	94.78	94.82	88.33	92.65	91.81	70.03
Mg ²⁺ mg l ⁻¹	0.00	0.00	zero	6.08	3.85	zero	7.30
mg l ⁻¹	zero	zero	0.00	0.6	0.30	zero	8.80
meq%	0.00	0.00	0.00	1.14	0.82	0.00	3.08
Na ⁺ mg l ⁻¹	67.27	39.08	45.99	124.18	10.88	69.77	68.97
mg l ⁻¹	2.90	1.70	2.00	5.40	5.30	2.60	3.00
meq%	10.40	8.96	4.11	—	8.01	8.74	16.41
K ⁺ mg l ⁻¹	26.27	21.11	20.20	78.88	20.72	21.90	14.47
mg l ⁻¹	0.06	0.64	0.62	1.94	0.53	0.68	0.37
meq%	8.37	1.28	1.07	12.28	1.46	1.46	1.90
Total Cations meq l ⁻¹	57.98	43.94	48.82	44.04	26.64	38.58	18.47
CO ₃ ²⁻ mg l ⁻¹	20.01	108.04	38.01	163.06	60.02	42.53	18.21
mg l ⁻¹	1.00	3.80	1.20	8.46	2.00	1.41	0.21
meq%	3.66	8.88	2.47	12.58	5.60	3.33	2.89
HCO ₃ ⁻ mg l ⁻¹	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
mg l ⁻¹	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
meq%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH ⁻ mg l ⁻¹	229.28	523.91	682.10	436.48	474.68	528.06	175.88
mg l ⁻¹	19.20	30.80	40.10	25.00	27.90	30.78	10.34
meq%	68.64	79.18	53.44	68.82	76.09	72.81	58.61
Cl ⁻ mg l ⁻¹	78.29	91.75	101.94	265.63	74.29	96.74	92.81
mg l ⁻¹	2.18	2.69	3.88	7.18	3.09	2.70	2.82
meq%	7.83	6.16	5.98	16.65	8.78	8.37	13.25
NO ₃ ⁻ mg l ⁻¹	3.08	8.88	3.25	33.94	8.18	7.78	2.60
mg l ⁻¹	0.05	0.14	0.04	0.52	0.13	0.18	0.00
meq%	0.18	0.33	0.08	1.23	0.30	0.31	0.25
SO ₄ ²⁻ mg l ⁻¹	271.85	238.23	233.84	204.61	204.61	266.28	286.26
mg l ⁻¹	6.06	4.96	4.66	4.20	4.20	7.42	3.08
meq%	20.10	11.78	9.96	8.78	11.71	17.50	20.15
Total Anions meq l ⁻¹	26.18	43.09	48.64	42.94	36.38	43.41	19.77
T.D.S. mg l ⁻¹	2088.17	2088	1876.92	1776.92	1678.03	1774.70	1977.88

جدول (١٢ - ٧) العناصر الشحيحة في المياه القلوية من منطقة المقارن (٢٠٠٠)

الموقع	pH	T.D.S. (mg l ⁻¹)	Cu (ppb)	Mn (ppb)	Cr (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppm)	Pb (ppb)	Fe (ppm)	Co (ppb)	Cd (ppb)	Mo (ppb)
نفق A-6	12.5	1127.87	6.79	2.76	400.70	18.79	0.02	41.97	0.125	47.53	6.35	27.63
وادي السجين	12.5	1866.00	17.54	46.38	523.32	67.41	0.10	95.79	0.081	39.65	9.76	49.62
منطقة الترافرتين	12.5	2030.24	33.13	14.02	422.74	66.00	0.13	81.96	0.113	38.94	8.54	38.07
بئر FS-1	12.5	2868.94	16.71	19.42	161.08	75.53	0.10	81.15	0.161	50.22	9.91	80.77
نفق AFS-2	12.5	1575.93	14.48	16.18	265.46	59.65	0.10	69.19	0.096	36.81	9.76	46.35



شكل ١٢ - ٢٠ الصواعد والهوابط المترسبة من المياه القلوية في احد الانفاق في منطقة المقارن.

اهمية الرخام الأردني

ان اهمية الصخر الزيتي العلمية في الأردن ترجع الى وجود بعض التفاعلات الطبيعية الفريدة غير العادية التي تشبه الى حد كبير ما يجري في صناعة الاسمنت. ان هذه التفاعلات في الأردن أدت الى تكوين صخور الرخام واسعة الانتشار في مناطق ضبعة - سواقة وصويلح والمقارن. وتأتي أهميتها من كونها مستمرة حتى الان وتظهر بوضوح أكثر في منطقة المقارن.

ان دراسة هذه الصخور التي هي ناتج طبيعي مشابه لصناعة الاسمنت يمكن ان تفتح الباب الى كثير من الحقائق والنتائج غير المعروفة حتى الان في الصناعة الاسمنتية.

و يعرف الاسمنت بأنه مسحوق مصنع أبيض أو رمادي عندما يمزج بالماء يعطي كتلة لدنة تتصلب فيما بعد. ان انتاج الاسمنت البورتلندي يتضمن تسخين مزيج من كربونات الكالسيوم والسيليكا والالومينا تحت ضغط منخفض حيث تتم ازالة الماء وثاني اكسيد الكربون، ويتكون من سيليكات الكالسيوم والومينات الكالسيوم واطوار من الحديد. ان المعادن المكونة للاسمنت غير ثابتة بوجود الماء وثاني اكسيد الكربون، وبالتالي فان الاسمنت يتفاعل مع الماء وثاني واكسيد الكربون ويتكون نواتج الاسمنت المعية والمكرينة التي تعتبر جزءاً من عمليات التصلب.

واذا اراد شخص أن يجد صخوراً مكافئة لمكونات الاسمنت الاساسية فهي الصخور الرسوبية المشابهة في التركيب والغنية بكميات الكالسيوم والالمنيوم والسيليكا. (الحجر الجيري والمارل) حيث تسخن هذه الصخور الى درجة حرارة عالية وضغط منخفض لتكون الاسمنت. والصخور المتحولة المكونة تحت درجة حرارة عالية وضغط منخفض في الطبيعة هي سحنات السانيدينيت هورنفلس المميزة للتحويل التماسي الحراري، وتكون عادة في الطبيعة ذات انتشار محدود وضيق لا يتعدى ٢٠٠ م من نقطة التماس بالصخور النارية المتدخلة.

إن الصخور المتحولة في الأردن ذات انتشار واسع مشابه لمكونات الاسمنت ونواتجه بشكل واضح أكثر من أي انتشار صخري معروف حتى الان. ويمتد التشابه الى أكثر من التكافؤ المعدني وذلك لأن مصدر الطاقة في صناعة الاسمنت وفي هذه الصخور المتحولة هو نفسه الا وهو الزيت (البترول).

ان الصخر الزيتي والصخور المتحولة منه نتيجة للحرق الذاتي للمواد العضوية والكبريتيدات تتكشف في مناطق عديدة من الأردن في الشمال والوسط والجنوب، وتتميز هذه الصخور بوجود مجموعتين من المعادن مشابهة الى حد بعيد لمكونات الاسمنت، ونواتجه :-

- أ (سيلكات والومينات الكالسيوم المشابهة لمكونات الاسمنت البورتلندي من جهة .
ب (سيلكات والومينات الكالسيوم المميّه والمكربنة المشابهة لنواتج الاسمنت من الجهة الأخرى .

ان الرخام الأردني المشابهة للاسمنت البورتلندي ونواتجه من الناحية المعدنية يمكن أن يكون له مدلولات عملية، حيث أن صناعة الاسمنت لا تتعدى ١٥٥ عاماً .

ان مدى تحمل الاسمنت وقوة الخرسانة على المدى البعيد ما هي الا مجرد تكهنات كاستخدامه مثلاً في تخزين نواتج المواد المشعة... الخ، وبالتالي فإن دراسة عينة صخرية ضخمة من الرخام المشابهة للاسمنت الذي هو أقدم من أي حضارة يمكن ان تساهم في هذا المجال. كذلك فإن تشابه عمليات التحول والتجارب الحديثة لحرق الصخر الزيتي في مكانه يمكن ان تساعد في معرفة تأثيره على البيئة. ان دراسة تحرك العناصر الثقيلة من الرخام الى مستوى المياه الجوفية يمكن أن يؤدي الى معرفة أعلى حد لتحرك هذه العناصر وتأثيرها على البيئة الأردنية .

References

1. Barjous, M., 1986: The geology of Siwaqa map, sheet No. 3252. N.R.A Bull. 4, 70 p.
2. Barnes, I., Presser, T., Saines, M., Dickson, P., and Koster Van Gross, A., 1982: Geochemistry of high basic calcium hydroxide groundwater in Jordan, Chem. Geol., 35: 147-154.
3. Bender, F., 1968: Geologie Von Jordanien; Beitrage Zur Geologie der Erde, Gerburder Borntraeger, 203 p.
4. Bentor, Y., Gross, S., and Heller, L., 1963: Some unusual minerals from "Mottled Zone" complex, Israel, Amer Min. 48: 924-930.
5. Bentor, Y., Gross, S., and Kolodny, Y., 1972: New evidence on the origin of the high temperature mineral assemblage of the "Mottled Zone", Israel, 24th, International Geological Congress, 2: 265-275.
6. Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan; to accompany and explain the three sheets of 1:250.000 geological map of Jordan, east of the Rift by A. Quennell., Govt., Hashemite Kingdom of Jordan. 82 p.
7. Gross, S., Mazar, E., and Zak, I., 1967: The "Mottled Zone" complex of Nahal Ayalon, central Israel, Israel J. Earth-Sci., 16:84-94.
8. Gross, S., 1977: The mineralogy of Hatrurim Formation, Israel. Geol. Survey of Israel, Bull. 7, 80 p.
9. Hakki, W., 1978: Daba marble project, N.R.A. Unpublished Report, Amman, 40 p.
10. Hauf, p., 1979: Hashemite from Daba, Jordan, U.S. Geol. Survey, Internal Report, Washington.
11. Heimbach, W., and Rösch, H., 1980: Die Mottled Zone in Central Jordanien., Geol. Jb. 40: 3-17.
12. Jaser, D., 1986: The geology of Khan ez Zabib, Map sheet No. 3253 III, N.R.A., Bull. 3,47 p.
13. Khoury, H., 1985: The origin of highly alkaline waters from the Maqarin area, north Jordan, Dirasat, 12: 125-131.
14. Khoury, H., 1989: Isotopic evidence of thermal metamorphism of the bituminous limestone of Maqarin area, Jordan. (In Press).
15. Khoury, H., and Nassir, S., 1982a: A discussion on the origin of Daba-Siwaqa marble, Dirasat, 9:55-66.
16. Khoury, H., and Nassir, S., 1982 b : High temperature mineralization in the bituminous limestone in Maqarin area, north Jordan., N.Jb. Miner. Abh. 144: 197-213.
17. Khoury, H; and Salameh, E., 1986: The origin of high temperature minerals from Sweileh area, Jordan, Dirasat, 8: 261-269.

18. Khoury, H., and Graetsch, H., 1989: Mineralogy and petrography of some opaline phases from Jordan. (In Press).
19. Khoury, H., Mackenzie, R., Russel, J., and Tait, J., 1984: An iron free volkonskoite, *Clay Mins*, 19: 43-47.
20. Khoury, H., Salameh, E., and Abdul-Jaber, Q., 1985: Characteristics of an unusual highly alkaline water from the Maqarin area, northern Jordan. *J. Hydrol.*, 81: 79-91.
21. Kolodny, Y., Bar, M., and Sass, E., 1971: Fission track age on the "Mottled Zone Event" in Israel. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 11: 269-272.
22. Kolodny, Y., Schulman, N., and Gross, S., 1973: Hazeva Formation sediments affected by the "Mottled Zone Event". *Israel J. Earth-Sci.*, 22: 185-193.
23. Kolodny, Y., and Gross, S., 1974: Thermal metamorphism by combustion of organic matter; isotopic and petrological evidence., *J. Geol.* 82: 489-506.
24. Kolodny, Y., 1979: Natural cement factory: A geological story. *Franklin Pierce Collge*, 203-215.
25. Matthews, A., Kolodny, Y., 1978: Oxygen isotope fraction in decarbonation metamorphism, *Earth Planet., Sci. Lett.*, 39:197-192.
26. Mikbel, Sh., and Zacher, W., 1981: The Wadi Shueib structure in Jordan., *N.Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 9:579.
27. Nassir, S., and Khoury, H., 1982: Geology, mineralogy, and petrology of Daba marble, Jordan, *Dirasat*, 9: 109-130.
28. Ruef, M., and Jeresat, K., 1965; Geology of Jiza-Qatrana area, Central Jordan., N.R.A. Unpublished Report, Amman.
29. Salameh, E., 1980: The Sweileh structure, *N.Jb. Geol. Palaont., Mh.*, 7: 428-438.
30. Wiesemann, G., and Abdullatif, A., 1963: Geology of Yarmouk area, north Jordan, *GGM.*, 120 p.
31. Wiesemann, G., and Rösch, H., 1969: Das Apatit-Vorkommen Von Suweileh, Nord-Jordanien. *Beih. Geol. Jb.* 81:177-214.

الفصل الثالث عشر

الترافرتين

الترافرتين

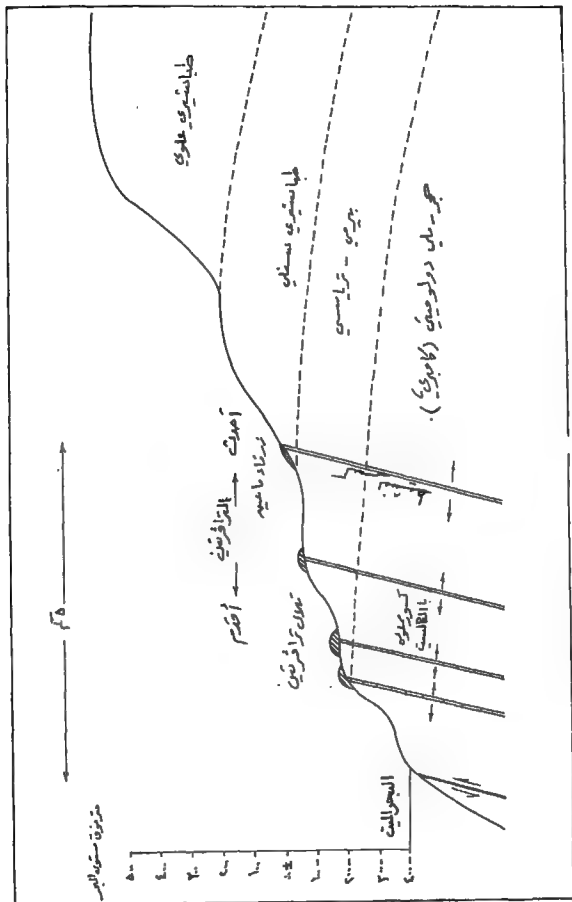
يوجد الترافرتين في منطقة غور الأردن وعلى طول حزام يمتد من منطقة الحمة في الشمال الى منطقة زارة في الجنوب وفي مناطق حمامات الزرقاء -ماعين وخان الزبيب . وهو موجود في غور الأردن على شكل رواسب تختلف في حجمها من منطقة الى أخرى الا أن أكبرها موجود في منطقة تبعد ٩ كم جنوب ديرعلا. وكما هو معروف فإن رواسب الترافرتين هي دلالة على أن ينابيع ساخنة قديمة كانت موجودة على طول غور الأردن في العصر البلايستوسين - الحديث ومسؤولة عن الترسيب الكيماوي. ولقد قسمت سلطة المصادر الطبيعية (١٩٨١، NRA) الترافرتين الى خمس مجموعات بالاعتماد على الصلابة واللون والترقق وحجم الفراغات. وتصل سماكة رواسب الترافرتين جنوب ديرعلا ٥٠ م وتغطي مساحة ٢٥٠٠ م^٢. ولقد قدر الاحتياطي بحوالي ٢٥ مليون طن متري. وبدأت الشركة العامة للمتعدين في استغلال الترافرتين منذ عام ١٩٨١. أما في منطقة الزرقاء -ماعين فيقدر احتياطي أكبر الرواسب حوالي ٢٠ مليون طن متري. وسوف يستعرض المؤلف فيما يلي نتائج الدراسات التي أجريت على الترافرتين في مناطق ينابيع الزرقاء -ماعين الساخنة وخان الزبيب.

الترافرتين في منطقة ينابيع الزرقاء -ماعين

تقع منطقة الترافرتين على بعد ٥٠ - ٦٠ كم جنوب غرب عمان وتمثل جزءاً من المنحدرات الشرقية الى البحر الميت. و يبين شكل (١٢ - ١) خريطة جيولوجية للمنطقة حيث تتكشف صخور من العصر الكامبري وحتى الطباشيري العلوي. و يبين شكل (١٢ - ٢) مقطعاً جيولوجياً من البحر الميت الى الجبال الشرقية حيث تظهر رواسب الترافرتين المختلفة القديمة وحتى الحديثة الترسيب. هذا ولقد قام (Khoury et. al, 1984) بدراسة رواسب الترافرتين المختلفة لمعرفة تكوينها المعدني والكيماوي. و يبين الشكل أيضاً علاقة رواسب الترافرتين بالتصدع في المنطقة حيث يقع وادي الزرقاء ماعين على طول صدع يتجه شرق - غرب. وهناك صدع آخر يتجه شمال شمال شرق - جنوب جنوب غرب مواز لشاطئ البحر الميت و يقطع الصدع الاول. ولقد ساعدت الصدوع في خروج الصهير البازلتي والمياه الساخنة حيث يوجد حالياً في المنطقة حوالي مائة نبع تصل درجة حرارته بعضها الى ٦٣° م.

رواسب الترافرتين

هناك نوعان من الترافرتين ترسبت من نوعيات مختلفة من المياه الساخنة والباردة، الا أن رواسب الترافرتين من المياه الساخنة هي الأهم والاكثر انتشاراً. ويمكن التمييز بين نوعين من الترافرتين هما القديم والحديث. والترافرتين الاقدم الاقرب الى البحر الميت ويتميز بدرجة عالية من المسامية تصل الى ٥٠%. ويعتبر الكالسيت المكون الأساسي للترافرتين القديم وتصل نسبته الى ٩٠%. أما المكونات الأخرى فهي الكوارتز وأكاسيد الحديد والمنغنيز



شكل ١٢ - ٢ مقطع جيولوجي لمنطقة الزرقاء معينين تبيين أماكن وجود الترافشيت (١).

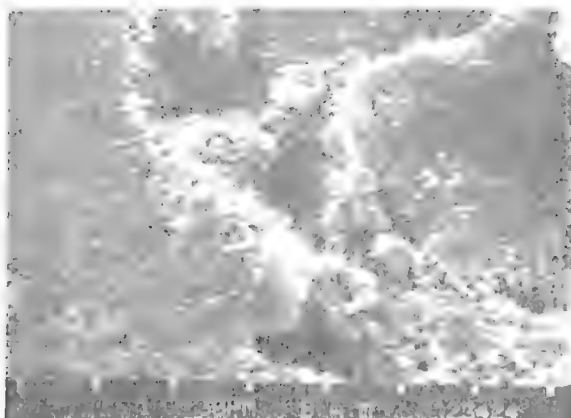
والباريت، والمعادن الطينية. وتعتبر رواسب الترافرتين الحديث الناعمة ذات اللون الأبيض المصفر ذات أهمية خاصة حيث أنها تتكون أساساً من الأراجونيت المتبلور على شكل مجموعات من البلورات اللبيفية والشعاعية أشكال (١٣-٣، ١٣-٤، ١٣-٥)، كما هو واضح فإن البلورات ذات شكل منشوري سداسي كاذب وذلك نتيجة وجود التوأمة الدائرية. ويعتقد بأن الكالسيت في الترافرتين القديم هو نتيجة للتحويل الكاذب للأراجونيت حيث أن الكالسيت هو الطور الثابت في الكربونات المتعددة الشكل.

ودلت نتائج التحليل الكيماوي للترافرتين القديم بأنه غني بثاني أكسيد السيليكون (١٠٪) والنحاس (٣٣٦ جزء بالمليون) وأكسيد المنغنيز (٧٣.٠٪) وفقير في السترونشيوم (٧١٠ جزء بالمليون) وذلك إذا ما قورن بالترافرتين الحديث (السيليكا ٣٥.٠٪، النحاس ٤٧ جزء بالمليون، وأكسيد المنغنيز ١٣.٠٪ والسترونشيوم ١٩٥٠ جزء بالمليون). و يبين جدول (١٣-١) قيم النظائر المستقرة للأوكسجين والكربون ثلاث عينات مختلفة من الترافرتين الحديث وعينة من الأراجونيت الحديث المترسب من البحر الميت، حيث يظهر تركيز النظائر المستقرة الثقيلة في أراجونيت البحر الميت نتيجة التبخر.

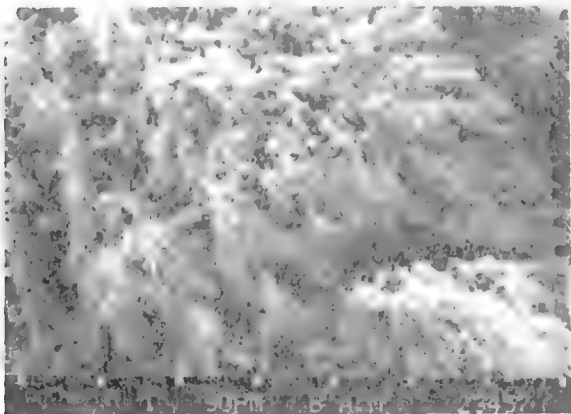
نشأة رواسب الترافرتين

يترسب الترافرتين (الكالسيت) من الينابيع عند خروجها إلى سطح الأرض نتيجة فقدان ثاني أكسيد الكربون المذاب وذلك لانخفاض الحرارة والضغط المفاجئ حيث تصبح المياه أكثر قلوية. و يبين جدول (١٣-٢) التركيب الكيماوي للمياه الساخنة في منطقة الزرقاء ماعين حيث تظهر نسبة المنغنيز العالية نسبياً ٦٥.٠ ملغم/لتر ونسبة كبريتيد الهيدروجين المنخفضة (٠.٤ ملغم/لتر). وعند خروج المياه الساخنة من السطح تبدأ القلوية بالازدياد حيث أن المياه مشبعة بالنسبة لثاني أكسيد الكربون، و يترسب الأراجونيت وتنخفض الحرارة إلى ٣٠ درجة مئوية وتزداد الدالة القلوية إلى ٨ قبل الاختلاط مع مياه وادي الزرقاء ماعين الجارية والمشبعة بالنسبة لبكربونات الكالسيوم، وتترسب معظم كربونات الكالسيوم على شكل كالسيت عالق في مجرى الزرقاء ماعين. وعند الالتقاء مع مياه البحر الميت المالحة يترسب الأراجونيت أو الكالسيت على شكل طبقات رقيقة فيما بعد نتيجة التبخر من مياه البحر الميت. و يترسب الأراجونيت عادة عند ازدياد كميات التبخر خلال الفصول الدافئة و يتبادل مع الكالسيت المترسب خلال الفصول الباردة حيث يرتفع منسوب مياه البحر الميت و يقل تركيز الأملاح الذائبة.

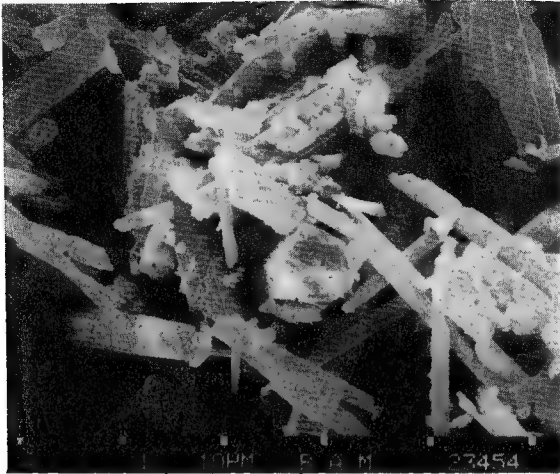
أما ترسيب الترافرتين القديم، فلقد تم من مياه ذات درجة حرارة أعلى وتركيز أعلى من الكالسيوم والبكربونات والحديد، والمنغنيز. وهذا واضح من التركيب الكيماوي للترافرتين القديم. ويعتقد بأن المياه الساخنة القديمة كانت خالية من كبريتيد الهيدروجين. و يبين الجدول (١٣-٣) التركيب الكيماوي المفترض للمياه الساخنة القديمة (١).



شكل ١٣- ٢ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لرواسب الترافرتين الحديد.



شكل ١١- ٤ صورة تحت المجهر الالكتروني الماسح لرواسب الدرافريت الحديد. ذات الاسكال العفوية والشعاعية



شكل ١٢ - ٥ صورة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لبلورات أراجونيت سداسية كاذبة مكونة للترافرتين الحديث.

Khouri et. al, 1988 ولقد قام كل من (١٠٨٠٧) Khudeir, 1983; Salameh and Udluft, 1984 بدراسة خصائص النظائر المستقرة للكربون والأكسجين في مياه المنطقة حيث تبين بأن هناك خلطاً للمياه المتبخرة من حوض الأزرق ومياه البحر على طول مستوى تماس المياه المالحة / العذبة، وأن الماء المختلط يجد طريقه إلى السطح خلال الصدوع والكسور في المنطقة على شكل ينابيع حارة. وبيّن الجدول (١٣ - ٤) تركيب المياه الساخنة من العناصر المستقرة للكربون والأكسجين، وبمقارنة هذه النتائج بجدول رقم (١٣ - ١) تبين بأن هناك تركيزاً للأكسجين الثقيل في الأراجونيت. وهذا شيء طبيعي ناتج عن فقدان ثاني أكسيد الكربون الغني بالأكسجين الخفيف. ويعتقد (٨) Khudeir, 1983 و Salameh and بأن التدرج بالحرارة الأرضية في الماضي كان أعلى منه في الحاضر ويعزى ذلك إلى حرارة الصخور النارية البازلتية المدفونة.

جدول (١٣ - ١) النظائر المستقرة في عينات الأراجونيت
من مناطق الزرقاء ماعين والبحر الميت

رقم العينة	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
M1	+1.0	-10.1
M2	+1.1	-8.7
M6	+1.1	-8.6
DS	+2.7	+1.6

M = الأراجونيت من منطقة الزرقاء - ماعين

DS = الأراجونيت من منطقة البحر الميت

جدول (١٣ - ٢) التركيب الكيماوي لمياه الينابيع الحارة
من منطقة الزرقاء ماعين^(٤)

	mg / l	meq / l	meq %
Na ⁺	940	14.79	48.65
K ⁺	52	1.33	4.38
Mg ²⁺	64	5.26	17.32
Ca ²⁺	180	8.98	29.56
Fe ²⁺	0.02	0.001	0.01
Mn ²⁺	0.65	0.02	0.08
		30.39	100.00
Cl ⁻	680	19.18	63.04
Br ⁻	4.5	0.04	0.18
I ⁻	0.1	0.001	0.007
SO ₄ ²⁻	250	5.20	17.11
HCO ₃ ⁻	365	5.98	19.66
HS ⁻	0.02	0.001	0.006
المجموع	1936.3	30.42	100.00

جدول ١٣ - ٣ التركيب الكيماوي الفرضي
لمياه الينابيع الحارة القديمة من منطقة
الزرقاء ماعين^(٤)

الكاتيونات	
Na ⁺	300 mg/l
K ⁺	50 mg/l
Mg ²⁺	100 mg/l
Ca ²⁺	500 mg/l
Mn ²⁺	10 mg/l
Fe ^{2/3+}	20 mg/l
الانيونات :	
Cl ⁻	700 mg/l
SO ₄ ²⁻	300 mg/l
HCO ₃ ⁻	1700 mg/l
الغاز الذائب CO ₂	2500 mg/l

الترافرتين في خان الزبيب

يوجد الترافرتين في منطقة خان الزبيب ١٥ كم جنوب ضبعة ، بالقرب من صدين يتجهان شرق - غرب وشمال شمال غرب - جنوب جنوب شرق حيث يتكون من الكالسييت المترسب على شكل أشرطة متموجة من الينابيع الحارة التي كانت نشطة في عصر البلايستوسين على طول مناطق الصدع^(١) (Barjous, 1986). ولقد قام^(٢) and Rosch 1982 وHeimbach بدراسة الترافرتين من منطقة خان الزبيب حيث ذكروا وجود معدن الفولكونسكويت بالإضافة الى الكوارتز المكون الأساسي للترافرتين الذي يبدو في عملية احلال للمكون الأصلي الكالسييت . توجد معادن أخرى جانبية مثل الأوبال - سي تي والكاليسيت والباريت . ونتيجة لأهمية الفولكونسكويت قام المؤلف^(٣) Khoury et al, 1984 بدراسته من الناحيتين الكيماوية والمعدنية حيث تبين بأنه معدن خال من الحديد وهو نوعية جديدة من مجموعة السميكتيت يصف بين مجموعتي السميكتيت الثلاثية . ويوجد هذا المعدن

كما ذكر سابقاً مصاحباً لمجموعات المعادن ذات درجة الحرارة المنخفضة في مناطق ضبعة والمقارن. ويبين الجدول (١٢ - ٥) التركيب الكيماوي لمعدن الفولكونسكوييت الأردني مقارنة بالفولكونسكوييت الروسي^(١) (Khoury, et al, 1984) وفي دراسة حديثة قام بها المؤلف^(٢) (Khoury and Graetsch, 1989) تبين بأن السيليكات التي تحل محل الكالسيت في الترافرتين هي من النوع أوبال - سي تي ولوناليت وكالسيدوني. و يبين الشكل (١٣ - ٦) أنواع السيليكات المختلفة في ترافرتين خان الزبيب التي تأخذ اللون الأخضر أيضاً لوجود الكروم على شكل شوائب.

جدول (١٣ - ٤) تركيز النظائر المستقرة في مياه الينابيع الحارة
من منطقة الزرقاء ماعين

	δD	$\delta^{18}O$	T.U.
1	-32.1	-4.29	
2	-32.4	-4.21	
3	-31.7	-4.21	
4	-31.5	-4.00	
5	-32.3	-4.27	
6	-31.9	-4.24	
7	-31.5	-4.42	
8	-32.4	-4.34	
9	-31.4	-4.06	
10	-31.5	-3.97	
11	-34.2	-4.19	0.2 ± 0.07
12	-32.0	-4.00	0.7 ± 0.06
13	-33.9	-4.09	0.2 ± 0.07
14	-34.9	-4.12	0.0 ± 0.09

جدول (١٣ - ٥) التركيب الكيماوي لمعدن الفولكونسكويث الأردني والرومي^(٢)

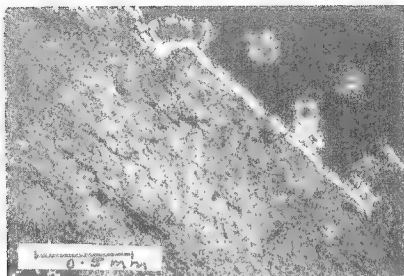
	1a	1b	1c	2a	2b	2c
SiO ₂	57.73	55.15	42.27	37.70	37.14	42.08
TiO ₂	0.00	0.00	—	0.06	—	—
Al ₂ O ₃	2.15	1.79	2.95	4.93	4.33	7.36
Fe ₂ O ₃	0.00	0.09	—	4.89	5.97	2.26
Cr ₂ O ₃	11.68	10.37	16.05	23.50	22.77	17.94
MnO	n.d.	0.03	—	0.36	—	0.03
CaO	2.10	2.07	2.88	2.45	2.77	3.40
MgO	7.05	6.19	9.68	6.79	4.09	6.58
K ₂ O	0.02	0.02	0.03	0.10	—	—
Na ₂ O	n.d.	0.19	—	n.d.	—	—
H ₂ O	18.38	23.80	25.25	20.19	22.91	20.10
—	—	—	—	—	—	—
	99.11	99.70	99.11	100.97	100.00	99.75
CEC	70 mEq/100 g	—	—	84 mEq/100g	—	—

1 a,b,c تحاليل كيمياوية للعينة نفسها في اماكن مختلفة (الفولكونسكويث الأردني).

2 a,b,c تحاليل كيمياوية لعينات مختلفة من الفولكونسكويث الرومي.

نشأة الترافرتين في خان الزبيب

يوجد الترافرتين في خان الزبيب على سطح الأرض ويعلو صخور الرخام الملونة التي نوقشت في فصل سابق. وكما يبدو من طبيعة ترسب الترافرتين فان المياه الساخنة الصاعدة من خلال نطاقات التصدع في المنطقة هي المسؤولة عن ترسبات كربونات الكالسيوم في البداية ثم السيليكا والفولكونسكويث والبارايت في وقت لاحق. وكما هو معروف فان صخور الرخام وصخور الحجر الجيري البييتومياني الملونة في المنطقة غنية بالعناصر الثقيلة المختلفة مثل الكروم، وبالتالي فان عملية استخراج مثل هذه العناصر بواسطة المحاليل الصاعدة وترسيبها مرة أخرى مع الترافرتين هي العملية المعقولة التي تفسر تركيز الكروم في معادن الفولكونسكويث والأوبال -سي تي. وكما ذكر في فصل سابق فان الفولكونسكويث والأوبال -سي تي موجودة أيضا مع الرخام الملون.



شكل ١٣ - ٦ صورة مجهرية للترافرتين من خان الزبيب حيث يظهر الوبال - سي تي كمكون أساسي و يبدو معدن لونا لايت (ابيض) محيطاً من الخارج بمعدن الكالسيدوني .

References

1. Barjous., 1986: The geology of Siwaqa, map sheet No. 3252 IV, Bull. 4, N.R.A. Amman. 7op.
2. Heimbach, W., and Rösch, H., 1982: Zum vorkommen von Wolchonskoit, einem Cr-Montmorillonit aus dem Hangenden der Mottled Zone Zentraljordaniens. Geol. Jb., B45: 21-30.
3. Khoury, H., Mackenzie, R., Russell, J. and Tait, J. 1984, An iron free volkonskoite., Clay Mins., 19:43-5.
4. Khoury, H., Salameh, E., Udluft, P., 1984: On the Zerka Main travertine/Dead Sea., N. Jb. Geol. Palaont. Mh., 8:472-484.
5. Khoury, H., and graetsch, H., 1989: Mineralogy and petrography of some opaline phases from Jordan, In Press.
6. NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, N.R.A. Internal Report.
7. Rimawi, O., 1980: Geochemistry and isotope hydrogeology of the thermal springs along the eastern side of the Jordan, Dead Sea. M.Sc. Thesis., U of Jordan, Amman.
8. Salameh, E., Khudeir, K., 1983: Thermal water system in Jordan., N. Jb. Geol. Palaont. Mh., 4:249-256.
9. Salameh, E., and Udluft, p., 1984: Hydrodynamic pattern of the central part of Jordan., Geol. Jb., C38:39-53.

الفصل الرابع عشر

أحجار البناء

أحجار البناء

استعملت أحجار البناء الجيرية والبازلتية والرملية الصلبة في الأردن منذ القدم حيث لا تزال بقايا القلاع الرومانية والإسلامية منتشرة في كل مكان من الأردن من شمالية الى جنوبية. ويستعمل حالياً في الأردن الحجر الجيري الواسع الانتشار وخاصة في وحدة الحجر الجيري الكتلي التابعة للعصر الطباشيري الأعلى في أغراض البناء ولأغراض صناعة الاسمنت في الفحيص والرشادية. ويستعمل أيضاً الرمل من وحدة الحجر الرملي الكرنبي التابع للعصر الطباشيري الأسفل والحصى من الوديان لأغراض البناء المختلفة. وكذلك يستعمل الحجر الخفاف ومواد الصخور البركانية من شمال شرقي الأردن والجرائن من منطقة العقبة في الأغراض الصناعية والبنائية. وهناك احتياطي هائل جداً من أحجار البناء في الأردن تغطي كافة أرجاء المملكة وتحتاج الى دراسات وتطبيقات عملية في المجالات المختلفة. وفي تقارير قدمت من الجمعية العلمية الملكية تم تحديد خصائص حجر البناء الأردني (٢٠١١) (قاقيش ١٩٨٦، الشريف وقاقيش، ١٩٨٣). إلا أن البحوث المستمرة على المصادر الطبيعية لأحجار البناء هي من المتطلبات الأساسية لتحسين الانشاءات والطرق لما فيه خير للوطن.

١. حجر البناء الأردني :

يستخرج حجر البناء الأردني من مناطق معان وعجلون وخو بالقرب من مثلث الأزرق والمنيفة بالقرب من خو والموقر واربد ووادي البطم شرق الموقر والأزرق. ويعتبر حجر البناء الأردني بشكل عام من أفضل أحجار البناء في العالم وخاصة من حيث الوزن النوعي العالي وانخفاض نسبة امتصاصها للماء وقوة تحملها العالية. وهناك تدرجات مختلفة بالنسبة لخواص أحجار البناء حيث أن أفضلها هو المستخرج من مناطق معان وعجلون وخو. ومما يؤثر عادة على تدني نوعية حجر البناء وجود الشقوق والفواصل والجيوب والمتحجرات والجيوب الرملية والطينية والعروق المملوءة بمعادن ثانوية مثل الكالسيت والكوارتز.

و يستعمل الحجر الجيري المستخرج أيضاً كدبش أو كحصى متعدد الاحجام للفرشيات والخلطات الخرسانية والأسفلتية. و يمتاز الحجر الجيري بأنه جيد ومتماسك بالاسمنت والاسفلت. ويجب عدم استخدام الركام المكسر ذي الوزن النوعي المنخفض ودرجة الامتصاص العالية للماء.

٢. الركام :

واضافة الى الحصى متعدد الاحجام الناتج عن عملية تكسير الحجر الجيري في المحاجر، يوجد ركام الوديان في الأردن في مناطق عديدة وخاصة في منطقة الغور ووديان شمال الأردن ومعان والمدورة والزرقاء. و يتميز ركام الوديان باحتوائه على حجوم مدرجة ومتعددة، و يوجد نسب قليلة من الصوان الذي يعتبر مصدراً للقلويات غير المرغوبة في الخلطات الاسمنتية. كما و يمتاز بارتفاع وزنه النوعي وانخفاض درجة امتصاصه للماء

ومقاومته للتآكل. ومما يجدر ذكره أن سطح ركام الوديان الأملس يقلل من درجات التماسك مع الخلطات الاسمنتية والاسفلتية. و يوجد في جنوبي الأردن وفي المناطق المحيطة بالعقبة وخاصة في وادي اليتم الركام الجرانيتي الذي يوجد بشكل مفتت وله الوان متعددة يغطي عليها اللون الوردي وذلك لارتفاع نسبة الفيلد سبار. ويتميز هذا الركام بصلابته العالية ومقاومته العالية للتآكل، ويمكن استخدام مثل هذا الركام في الخلطات الاسمنتية والاسفلتية. ولقد قامت الجمعية العلمية الملكية بعمل واجهات خرسانية ذات سطوح تظهر اللون الجميل للركام الجرانيتي.

وتغطي مناطق شمال شرقي الأردن مساحات شاسعة من الصخور البركانية البازلتية الصلبة والمتفككة على شكل قطع صخرية خفيفة تعرف بالسكوريا أو الحزريا. ويمكن استخدام الركام الناتج عن تكسير البازلت المتميز باللون الأسود والصلابة العالية والوزن النوعي العالي ودرجة الامتصاص الضئيلة في أعمال الخلطات الاسمنتية والاسفلتية. ويمكن تحضير أنواع معينة من الخلطات الخرسانية والاسفلتية ذات درجات التحمل العالي. وتعتبر عملية تكسير هذه الصخور عملية صعبة الا أنه يمكن استخدام نواتج تكسير الصخور البازلتية الفائضة وغير المرغوبة في صناعة الصوف الصخري في الأردن لأعمال الانشاءات والطرق. اما ركام السكوريا (الحزريا) فيتميز بوزنه النوعي القليل الذي يصل الى ١٤٠ ودرجة الامتصاص العالي ومقاومته المنخفضة للتآكل مما يؤدي الى عدم صلاحيته للاستخدام في أعمال الانشاءات والطرق، ولكن يمكن استخدامه لتحضير نوع معين من الخرسانة الخفيفة. ويحضر حاليا نوع خاص من الاسمنت البوزولاني المقاوم للملاح من خلط نسبة معينة من السكوريا المطحونة مع الاسمنت البورتلندي.

٣ . الحجر الرملي :

تعتبر وحدة الحجر الرملي الكرنيبي (الطباشيري الأسفل) هي المصدر الأساسي للرمل المستخدم في أعمال البناء، وتنتشر المحاجر في مناطق العقبة وماحصر لأغراض استخراج الرمل لأغراض الخلطات الاسمنتية. يوجد الرمل الأبيض النقي على شكل طبقات متبادلة مع الرمل متعدد الألوان (الغني باكاسيد الحديد) والكاولينيت. ويجب التركيز على استخراج الرمل الأبيض النقي لأغراض البناء وذلك للحصول على نتائج أفضل للخلطات الاسمنتية من حيث زيادة درجات المقاومة والتحمل. ومن الجدير بالذكر أن الرمل الأبيض موجود في منطقة رأس النقب وقاع الديسي في كميات لا حصر لها ويمكن استخدامها كمكون أساسي للخلطات الاسمنتية الخاصة.

٤ . أحجار الزينة :

توجد في مناطق الأردن كافة ضخور عديدة ذات طبيعة جمالية يمكن استخدامها كاحجار للزينة وذلك بعد قطعها وصلقلها. فالحجر الجيري المتبلور وناعم البلورات القاسي في

عجلون والدولومايت في رأس النقب (الطباشيري العلوي) والصخور النارية المختلفة في الجنوب التي يغطي عليها نوع الجرانيتي ما هي الامثلة على وجود كميات كبيرة من هذه الصخور التي يمكن استخدامها كأحجار مصقولة للزينة.

٥ . أحجار الصناعة :

يتميز الاردن بوجود الصخور الصناعية العديدة. وتعتبر الصخور في الاردن بأنواعها وأعمالها المختلفة ثروة حقيقية. فالصناعات الحالية القائمة على استخراج بعض هذه الصخور والتي تتعدى استخدامها كأحجار للبناء أو كخلطات اسمنتية أو اسفلتية هي صناعات الاسمنت والخزف والصوف الصخري والزجاج وكر يونات الكالسيوم. وهذه الصناعات هي امثلة بسيطة على استخدام بعض المصادر الصخرية الهائلة الموجودة في الاردن.

ان الأبحاث التطبيقية على استخدام مثل هذه الصخور في الصناعة هي ضرورة حتمية من أجل مستقبل أفضل تشارك فيه مصادر الثروة المعدنية المحلية مباشرة لما فيه خير هذا البلد.

المراجع

١. الشريفي، روهي ومنير قاقيش، ١٩٨٢، خواص الحجر الجيري كحجر بناء وحصى في الاردن، الجمعية العلمية الملكية، عمان.
٢. قاقيش نزار، ١٩٨٦، خصائص حجر البناء الاردني، الجمعية العلمية الملكية، عمان.

الفصل الخامس عشر

الملح

وصخر البوتاس وأملاح البحر الميت

الملح وصخر البوتاس وأملاح البحر الميت

يتميز البحر الميت بأنه مستودع ضخم لثروات معدنية هامة على شكل أملاح ذائبة أو صخور ملحية على أطرافه أو أعماقه، وهو مختلف عن البيئات البحرية الأخرى. وتعتبر الاملاح الذائبة ثروة معدنية ذات أهمية اقتصادية حيث تتركز كلوريدات البوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والكالسيوم وكذلك بروميداتها وكبريتاتها، إضافة إلى بعض العناصر النادرة مثل الليثيوم والسيزيوم والمياه الثقيلة. ويضم البحر الميت أيضا صخورا ملحية لا تقل أهمية عن الاملاح المذكورة اعلاه.

وتقوم شركة البوتاس العربية حاليا باستثمار املاح البحر الميت حيث تساهم في إغناء الثروة الوطنية. ولقد بدأ الانتاج التجريبي من مادة كلوريد البوتاسيوم عام ١٩٨٢، وتدرج الانتاج حتى تجاوز في عام ١٩٨٧ (١٢) مليون طن. ويعتبر الأردن من أهم منتجي البوتاس في العالم بعد الاتحاد السوفياتي وكندا وألمانيا الغربية وفرنسا. ويوجد البوتاس أيضا على شكل ملح صخري في وسط منطقة اللسان حيث تغطي مساحة ٣٥ كم^٢، وتدل دراسة الآبار التي حفرته من قبل سلطة المصادر الطبيعية على وجود أربع نطاقات من البوتاس (أكسيد البوتاسيوم = ١٣%) على أعماق تتراوح من ٣٠٠ - ٦٠٠ وبمسككات تتراوح بين ٢ - ٨ م.

نبذة عن البحر الميت :

البحر الميت وبحيرة لوط وبحيرة زغر والبحيرة المقلوبة وبحيرة الملح والبحر النتن وبحر عربية وبحر الاسفلت وبحر سدوم، كلها أسماء واحدة البحر نفسه^(١) والذي وصف بالميت منذ عهد اليونانيين القدامى بسبب التركيز العالي للاملاح وغياب صورة الحياة في مياهه. ولقد كانت منطقة البحر الميت مسكونة منذ القدم حيث تعاقبت عليها الحضارات. ودلت خريطة الفسيفساء التي اكتشفت في مأبدا ويرجع تاريخها الى ٥٦٠ م على ان البحر الميت لم يكن يضم سوى الحوض الشمالي، وأن تلك الفترة كانت أكثر جفافا من الوقت الحاضر. والبحر الميت أكثر بقاع العالم انخفاضا وملوحة، وكان يغطي حتى نهاية الخمسينات مساحة مقدارها ١١٠١ كم^٢ مع منسوب ٣٩٥ مترا تحت سطح البحر. وينقسم البحر الميت الى حوضين شمالي وجنوبي يفصل بينهما شبه جزيرة اللسان. والحوض الشمالي اكبر مساحة واكثر عمقا من الحوض الجنوبي اذ تبلغ مساحته ٧٥٧ كم^٢ ويصل عمقه الى نحو ٤٠٠ م في حين تبلغ مساحة الحوض الجنوبي حوالي ٢٤٣ كم^٢ ولا يزيد عمقه عن بضعة أمتار. ويبين شكل (١٥-١) خريطة للبحر الميت تبين أعماق المياه. ولقد بلغت مساحة البحر الميت عام ١٩٨٦ حوالي ٧٥٠ كم^٢ وطوله ٥٥ كم وعرضه ١٤ كم عندما اصبح سطحه ٤٠٤ م تحت سطح البحر وذلك بسبب جفاف الحوض الجنوبي من البحر الميت، ان اهم العوامل التي تسبب انحسار مياه البحر الميت هي المناخ الجاف والحر ومشاريع ري الأراضي. ويبلغ معدل تبخر المياه السنوي من البحر الميت ١٧ بليون طن من الماء، أما مشاريع الاراضي من

حيث اقامة السدود، فلقد أدت الى الانحسار التدريجي للمياه بمعدل ٧٥ سم في السنة. ويصب نهر الاردن والواديان المجاورة (الموجب وزرقاء ماعين وابن حماد والكرك والحسا...) مباشرة في البحر الميت اضافة الى مياه الامطار التي تتجمع وتتدفق عليه من المرتفعات المحيطة. والبحر الميت ليس ميتا تلاما حيث أثبت العلماء وجود بعض أنواع البكتيريا التي تتميز بقدرتها على التكيف في الوسط الملح. وأثبتت تجربة علمية، جرت في عام ١٩٨٠ بأن عدد الخلايا الحية قد وصل الى ١٩ مليون خلية في المليمتر الواحد من سطحه.

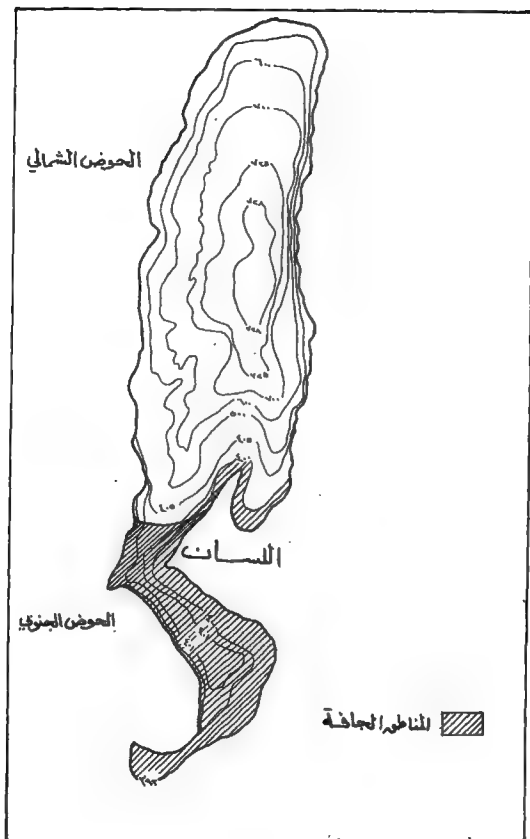
جيولوجية البحر الميت :

لقد استعرض (١) Abed 1985 جيولوجية البحر الميت من حيث نشأته ومياهه وأملاحه وقناة البحرين، وأعطى جميع المعلومات المتوافرة حول هذا الموضوع. وتكشف صخور ما قبل الكامبري والكامبري والترياسي والكريتاسي والايوسين وميوسين وبلويسين. وتعتبر هذه الصخور آخر ما ترسب قبل أن يبدأ أخدود الغور بالتشكل قبل ٢٦ مليون سنة. ولقد تكونت بحيرات مالحة أو شبه مالحة أو عذبة في منطقة الأغوار رسبت طبقات سميكة من الملح الصخري (تكوين أصدم) تبعتها على التوالي رواسب نهريّة وبحريّة (تكوين الشاغور وغور الكتار). ولقد تمت هذه الترسبات في العصر ميوسين – بلويسين تبعتها ترسبات نهريّة وبحيريّة وتبخيرية في العصر البلايستوسين (تكوينات أبو هابيل وحصاء كفرنجة والسمرّة واللسان ودامية) وتظهر رسوبيات البحر الميت في العصر الحديث منذ أحد عشر ألف سنة.

أما عن نشأة البحر الميت وغور الأردن فهناك نظريتان رئيسيتان وهما نظرية الحركة العمودية ونظرية الحركة الأفقية، وعلى أية حال فإن نظرية تكتونية الصفائح وتكوين الأخدود العربي الإفريقي الذي يمتد من شمال سوريا عبر سهل البقاع الى نهر الأردن فالبحر الأحمر الى هضبة البحيرات في إفريقيا أدى الى فصل قارتي آسيا وإفريقيا عن بعضهما منذ حوالي ٢٥ مليون سنة. وهناك حركة مستمرة نحو الشمال الشرقي منذ عشرة ملايين سنة أدت الى تمدد الطبقات الأرضية وهبوطها وتشكيل الأحواض المنفصلة ومنها البحر الميت وبحيرتا طبرية والحولة. ولقد كانت البحيرة الأولى المالحة (أصدم) منذ حوالي ٢٥ مليون سنة (الميوسين) هي المسؤولة عن رواسب المتبخرات (٤٠٠ م). وتدل الصخور الملحية على أن بحيرة أصدم كانت متصلة مع البحر الأبيض المتوسط الى أن تغير المناخ وتكونت بحيرة عذبة (السمرّة) ازدادت ملوحتها مع الوقت نتيجة التبخر العالي (اللسان) حيث كانت تغطي مناطق الأغوار، واستمرت هذه البحيرة بالجفاف الى أن تحولت الى البحر الميت الحالي قبل حوالي أحد عشر ألف سنة.

الخواص الكيماوية للبحر الميت :

لقد استعرض (٢,٣) Al Sbacy, 1987 و Gharibeh, 1981 الكثير من الأبحاث التي كتبت حول كيماوية البحر الميت ونشأة أملاحه، ويحتوي اللتر الواحد من مياه البحر الميت على حوالي ٢٤٠ غم من الأملاح، وتشكل مجموع أوزان الأملاح في البحر الميت حوالي ٤٣



شكل ١٥ - ١ خريطة البحر الميت، تبين أعماق النقاط المختلفة.

بليون طن، ويحتوي البحر الميت على تجمع فريد من املاح الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والبروم والكلوريدات إضافة الى مجموعة من العناصر الشحيحة مثل السترونشيوم والليثيوم والمنغنيز والحديد والكوبالت والكانميوم والرصاص والزنك والنيكل واليورانيوم واليود. ويبين الجدولان (١٥-١، ١٥-٢) النسب المئوية الوزنية للأملاح الرئيسية الموجودة في مياه البحر الميت^(١) (عمارين وشرايحة، ١٩٨٦) والعناصر الشحيحة في مياه البحر الميت^(٥) (Nissenbaum, 1977). ويتميز البحر الميت عن غيره من بحار العالم بالتركيز العالي لعناصر الكالسيوم والكلور والبروم وتدني نسبة الصوديوم الى البوتاسيوم (٤٦) والكبريتات وانعدام الكربونات^(١) (Abed, 1985). وتزداد كمية الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والبروم جنوباً، ويبدو أن ذلك ناتج عن ازدياد عمليات التبخر في هذا الاتجاه. اما الكبريتات فان تركيزها ينقص جنوباً وذلك بسبب ترسب للجبس، أما البايريك بونات فانها تزداد باتجاه الجنوب في فصل الربيع وتخضع كمياتها لترسيب الارجونيت. أما عمودياً فتتوزع العناصر الى ثلاث مجموعات (جدول ١٥-٢) حيث تزداد نسبة المغنيسيوم والبوتاسيوم والبروم على عمق ٤٠ م بينما ينقص الصوديوم عند هذه النقطة في حين تنقص الكبريتات والبايريك بونات من تلك النقطة نحو الأعماق^(١) (Abed, 1985)، أما العناصر الشحيحة فنجد أن بعضها عالي التركيز بالنسبة للبحار المفتوحة مثل البروم والرصاص والليثيوم والمنغنيز والنحاس والكوبالت والنيكل والسترونشيوم والكانميوم والزنك وبعضها الآخر قليل التركيز نسبياً مثل اليورانيوم واليود والحديد. وهناك اعتقاد بأن محاليل البحر الميت تعود في أصلها الى مياه البحر العادية (بحر التيثس) التي جرى تركيزها وزيادة ملوحتها نتيجة لعمليات التبخر^(٣) (Gharibeh, 1981)؛ أما الاعتقاد السائد عن مصادر الأملاح في البحر الميت فهو أن مياه نهر الأردن والوديان والينابيع المالحة والأمطار المحمولة بالرياح الغربية قد ساهمت في تركيز هذه الأملاح. ولقد ساعدت النشاطات البركانية والمواد الاسفلتية الموجودة في المنطقة الى تركيز بعض العناصر مثل البروم. ولقد ساعد الانتشار الايوني في زيادة الملوحة والحرارة والكثافة في وحدة المياه الانتقالية بين ٤٠ م و ١٠٠ م نحو الأسفل حتى تصل الى الوحدة المائية العميقة التي تتوزع فيها الملوحة والكثافة والحرارة بشكل منتظم^(١) (Abed, 1985). ويبين الجدول (١٥-٤) الملوحة وكمية الأملاح في البحر الميت في الأعماق المختلفة.

افتتاح البوتاس :

يعتمد انتاج البوتاس على محلول البحر الميت الغني بالأملاح وعلى الطاقة الشمسية، ويحتوي محلول البحر الميت على ١,٢٪ من كلوريد البوتاسيوم المذاب. وخلال العمليات في الملاحات الشمسية وفي المصفاة يتم تحويل هذه النسبة الى ٩٧,٥٪ ويتم ذلك بتركيز المحلول في الملاحات الشمسية على شكل كارنلايت $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ويتم معالجة الكارنلايت المحصول في المصفاة حيث يذاب كلوريد المغنيسيوم ويبقى كلوريد البوتاسيوم وكلوريد

جدول (١٥ - ١) النسب المتوية الوزنية للأملاح الرئيسية الموجودة في مياه البحر الميت (١).

النسبة المئوية الوزنية

٧٦٥

١٠٣

١٣٧٦

٠٠٤٨

٠٣٨٠

٧٣٢٨

اسم المركب

كلوريد الصوديوم

كلوريد البوتاسيوم (البوتاس)

كلوريد المغنيسيوم

بروميد المغنيسيوم

كلوريد الكالسيوم

ماء

جدول ١٥ - ٢ العناصر الشحيحة في مياه البحر الميت (ملغم / لتر) (٢)

التركاز	الزمان	Str	Li	Na	Fe	Co	Cd	Pb	Zn	Ni	U	I
للكان	الزمان	سترتشيوم	ليثيوم	منجنيز حميد	كوبالت	كاديوم	رصاص	زنك	نيكل	يورانيوم	يود	
مسعدة	شتاء	٢٨٥٠٠	١٦٣٠٠	٣٩٠٠	١٢	٨	٢٤	١٩٨	٢٧١	٢٥	٢٢٨	٨٤
مسعدة	صيف	٣٢٢٠٠	١٩٤٠٠	٥١٠٠	١٥	٩	٧	٥١٠	٥٢٠	٢٢	٢٢٨	٨٤
عين جدي	صيف	٣٠٨٠٠	١٧٥٠٠	٣١٠٠	١٧	٧	٧	٢٤٥	٥٣٧	٢٣	٢٢٨	٨٤
عين جدي	صيف	٣١٨٠٠	١٨٤٠٠	٣٦٠٠	١٢	٧	٥	١٨٩	٥١٠	٢٨	٢٢٨	٨٤
- الكتلة المائية السفلى (أعمق من ٨٠ م)												
مسعدة	شتاء	٣٢٥٠٠	١٩٦٠٠	٦٣٠٠	١٥	٨	٦	١٢٨	١٦٧	٦	٢٢٨	١١٦
مسعدة	صيف	٣٢٥٠٠	١٩٧٠٠	٦٨٠٠	١٢	١١	٧	١٢٣	٥٩١	٢٣	٢٢٨	١١٦
عين جدي	صيف	٣٢٢٠٠	١٩٧٠٠	٧١٠٠	٩	٦	٤	١٢٩	٥٣٧	١٣	٢٢٨	١١٦
عين جدي	صيف	٣٣٠٠	٢١١٠٠	٨١٠٠	٩	٧	٣	٤٨	٤١٣	٨	٢٢٨	١١٦

جدول ١٥ - ٣ كميات الايونات الرئيسية المذابة في مياه البحر الميت

(مقاسة بالآلاف ملايين الاطنان = بلايين الاطنان)^(١)

الوحدات المائية	الحجم كم ^٣	المق م	كليم	مليم	صويم	بوتاسيم	كلور	بروم	كبريتات	بايكربونات	المجموع
الكتلة المائية العليا	٢٨	٤٠٠	٠,٤٥٩	١,٠١٢	١,٠٧٨	٠,١٨٢	٥,٥١١	٠,١٢٩	٠,٠١٦	٠,٠١٦	٨,٣٩٦
الكتلة الانتقالية	٣٢	١٠٠	٠,٥٣١	١,٢٦٨	١,٣٣١	٠,٢٢٩	٦,٧٤١	٠,١٦٥	٠,٠١٦	٠,٠١٧	١٠,٢١٨
الكتلة العميقة	٧٨	٤٠٠-١٠٠	١,٣٠٦	٣,٢٢٥	٣,٠١٧	٠,٥٧٧	١٦,٦٦٣	٠,٤٠٠	٠,٠٣٢	٠,٠١٧	٢٥,٢٣٧
البحر الميت جيمه	١٣٦	٤٠٠	٢,٢٩٦	٥,٥٣٥	٥,٣٢٦	٠,٩٨٨	٢٨,٩١٨	٠,٢٩٤	٠,٠٦٤	٠,٠٣٠	٤٣,٨٥١

جدول ١٥ - ٤ الملوحة وكمية الأملاح في البحر الميت في الكتل المائية (١).

معدل الملوحة غم / لتر	مدى العمق (م)	الحجم (كم ^٣)	وزن الأملاح (ألف مليون طن)
٢٩٩ر٩	٥ - ٤٠	٢٨	٨ر٤
٣١٩ر٣	٤٠ - ١٠٠	٣٢	١٠ر٢
٣٣٢ر١	١٠٠ - ٤٠٠	٧٦	٢٥ر٢
٣٢٢ر١	صفر - ٤٠٠	١٣٦	٤٢ر٨
الكتلة المائية العليا			
الكتلة المائية السفلى			
الوحدة الانتقالية			
الوحدة العميقة			
مياه البحر الميت جميعها			

الصوديوم بشكل صلب (السلفانيت $\text{NaCl} + \text{KCl}$) ويتم معالجة السلفانيت وفصل كلوريد البوتاسيوم المشبع وبلورته وتجفيفه على شكل نقي، وتكون نسبة نقاوة البوتاس حوالي ٩٨% أي ما يعادل ٦١ر٥% أكسيد البوتاسيوم.

انتاج ملح الطعام من البحر الميت :

يوجد ملح الطعام في مياه البحر الميت مذابا بكميات هائلة تصل بالوزن الى ٧ر٦% وهو من النواتج الثانوية من مشروع البوتاس، وتصل نسبة كلوريد الصوديوم على أساس جاف للملح الطعام الى ٩٩ر٦٥% وذلك بعد التركيز (عمارين وشرايحة ١٩٨٥). ولقد بلغ انتاج شركة البوتاس من ملح الطعام ما يزيد على ١٨ ألف طن.

مشاريع مستقبلية :

تقوم شركة البوتاس بالتعاون مع مجمع الصناعات الكيماوية بدراسات مستقبلية لأغراض اجراء صناعات أخرى تعتمد على أملاح البحر الميت مثل مشروع الصودا آش (كربونات الصوديوم) ومشروع كبريتات البوتاسيوم ومشروع البرومين ومشتقاته (بروميد الكالسيوم، تترابرومو بزمينول، اثيلين داي برومايد) ومشروع أكسيد المغنيسيوم ومشروع استخلاص العناصر الشحيحة مثل الليثيوم والسترونشيوم. ولا تقتصر أهمية البحر الميت على الأملاح المذابة بل تتعدى ذلك الى كون البحر الميت ثروة سياحية ومصدراً للطاقة حين يمكن الاستفادة من مياهه في الاستشفاء وصناعة المواد التجميلية، والى توليد الطاقة بطريقة البرك الشمسية. و يجب الإشارة هنا الى أن هناك أبحاثا عديدة أجريت على البحر الميت منذ عام ١٩٥٠ تزيد على الألف وتغطي المواضيع الجيولوجية والبيئية والكيماوية كافة.

ملح الطعام من الأزرق :

يستخرج ملح الطعام من منطقة حوض الأزرق وذلك بضخ المياه المالحة من تحت سطح الأرض الى أحواض صغيرة حيث تترك حتى تتبخر المياه بواسطة الطاقة الشمسية. وتجمع الأملاح بعد جفافها للأغراض التسويقية. ولقد بلغ الانتاج عام ١٩٨٥ حوالي ٣٠٠٠ طن.

References

1. Abed, A., 1985: Geology of the Dead Sea; waters, salts and evolution. Dar Al Arqam, Amman.
2. Al-Sbaeay, I., 1987: Dead Sea water geochemistry., M.Sc. thesis, University of Jordan, Amman.
3. Gharibeh, E., 1981: The geochemistry of the Dead Sea. The Fourth Arab Mineral Resources Conference. Amman.
4. Neev, D., and Emery, K., 1967: The Dead Sea., Geol. Survey of Israel., Bull., 41: 147 p.
5. Nissenbaum, A., 1977: Minor and trace elements in the Dead Sea Water, Chemical Geology, 19:99-1.
٦. عمارين، عوني وخالد شرايحة، ١٩٨٦ : أملاح البحر الميت : مخزونها واستخلاصها واستعمالاتها. ندوة الملح في الوطن العربي، عمان.

الفصل السادس عشر

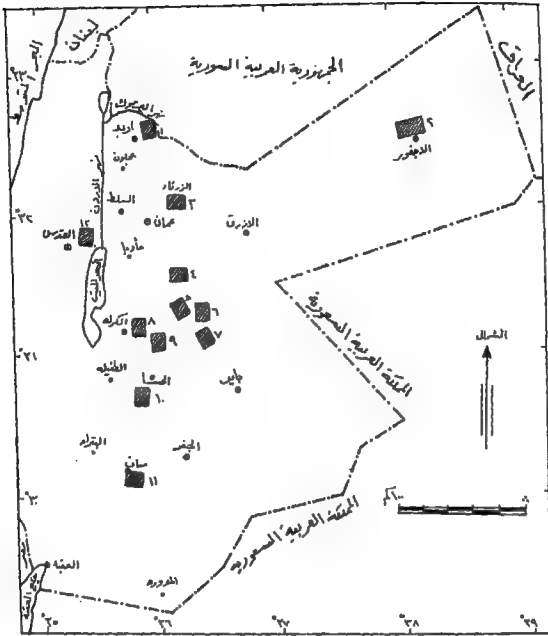
الصخر الزيتي

الصخر الزيتي

يعد الصخر الزيتي أحد مصادر الطاقة المتوفرة في الأردن بكميات كبيرة تقدر بخمسين بليون طن تكفي لسد حاجات الأردن للألف سنة قادمة. وهي تمتاز بقربها من سطح الأرض مما يسهل عمليات التعدين المكشوف. والصخر الزيتي معروف منذ زمن بعيد، ولقد استعمل من منطقة الشلالة من قبل الشركة الألمانية التي كانت تشرف على تشغيل قطارات الخط الحديدي الحجازي البخارية كبديل للفحم. والصخر الزيتي مصطلح يطلق على الصخور الرسوبية الغنية بالمواد الهيدروكربونية بغض النظر عن تركيبها المعدني، وغالبا ما تكون صخور الطفال أو المارل. وفي الأردن نجد أن معظم الصخور الزيتية هي من الحجر الجيري أو الحجر الجيري الفوسفاتي. ويسمى الزيت المستخرج من هذه الصخور بالزيت الصخري أو زيت السجيل الذي يختلف عن النفط العادي بأنه عالي الكثافة ويحتوي على نسبة عالية من النيتروجين والهيدروكربونات الثقيلة (الكيروجين). والكيروجين غير قابل للذوبان في المحاليل التي تذيب المواد البترولية العادية ويعتبر مركبا خاملا نسبياً بسبب عدم قابليته للتفاعل مع المركبات الأخرى بسهولة، وتركيبه الجزئي ونوع الروابط القائمة بين عناصره المختلفة غير واضحة مقارنة بالمواد البترولية التقليدية. وتتراوح القيمة الحرارية لكل كيلوجرام من الصخر الزيتي بين ١٥٠٠ - ٤٠٠٠ كيلو كالوري. وفي الأردن لا تزال الدراسات مستمرة من قبل سلطة المصادر الطبيعية وسلطة الكهرباء الأردنية بالتعاون مع شركات الكهرباء ومؤسسات من ألمانيا الغربية والصين الشعبية والاتحاد السوفياتي وكندا وفنلندا والولايات المتحدة وسويسرا وذلك لاستخلاص الزيت الصخري بواسطة التقطير أو عن طريق الحرق المباشر للصخر الزيتي. وتدل النتائج الأولية بأن الحرق المباشر ليس له تأثير على البيئة وأنه يتم تصميم مراحل بخارية خاصة لهذا الغرض. كما أن النية تتجه لإنشاء محطة توليد تجريبية بقدرة ٢٥ ميغا واط في منطقة السلطانية التي تقع جنوب عمان بمسافة ١٢٥ كم لأجراء دراسات وأبحاث وتحاليل لمعرفة الجدوى الاقتصادية لاستخدامات الصخر الزيتي.

أماكن وجود الصخر الزيتي

يوجد الصخر الزيتي في أماكن عديدة من الأردن في الشمال (منطقة وادي العرب ونهر اليرموك) وبيت رأس شمال شرق اردن والبوبيا شرق جامعة اليرموك)، والشمال الشرقي (منطقة الرينة الجفوري)، وخو (شمال شرق الزرقاء)، والجنوب (ضبعة والبحر الميت واللجون والحسينية ومعان). ويتراوح سمك طبقات الصخر الزيتي بين مترين وأربعين متر كما هي الحال في مناطق شمالي الأردن كما يتراوح عمق هذه الطبقات من سطح الأرض بين صفر وستمئة متر. ويبين الشكل (١٦ - ١) أماكن وجود الصخر الزيتي في وسط وجنوبي الأردن حيث قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة على هذه الصخور وخاصة القريبة من السطح لأغراض استعمالها كمصدر محلي بديل للطاقة (Nimry, 1981; Ajamich, 1987; Abu).



- | | |
|-------------------------------------|----------------------|
| ١. وادي العرب، نهر اليرموك، بيت رأس | ٧. غرب المغار |
| ٢. الزبيدة، الأجدود | ٨. اللجون |
| ٣. منطقة خوشمال شرق الزرقاء | ٩. السلطاني |
| ٤. خان الزبيب | ١٠. جرف الدراويش |
| ٥. سواقة | ١١. منطقة معان |
| ٦. أم الغدران | ١٢. منطقة النبي موسى |





شكل ١٦ - ١ خريطة تبين أماكن وجود الصخر الزيتي في الأردن.

جيولوجية طبقات الصخر الزيتي

يبين الشكل (١٦-٢) مقطعاً جيولوجياً عاماً في وسط الأردن حيث يوجد الصخر الزيتي في طبقات وحدة الطباشير - المارل التابعة لآخر العصر الماسترختي - باليوسين في حقبة الطباشيري (الكريتاسي) العلوي والمعروف بالأردن بمجموعة صخور البلقاء (B3). وكما هو معروف فإن سماكة هذه الصخور تزداد كلما اتجهنا إلى الشمال حيث تصل أعلى السماكات (٢٥٠ م) في مناطق الشلالة ونهر اليرموك (Amireh, 1979). وفي حوض الجفر تصل سماكة هذه الصخور حوالي ٤٥٠ م. أما عن الصخر الزيتي (الجزء السفلي من وحدة الطباشير - المارل) فهي عبارة عن طبقات متبادلة ومتباينة السمك من الحجر الجيري والمارل والصوان والفوسفات والكوكينا، ويطغى الحجر الجيري والمارل على هذه المكونات التي تعلو وحدة الفوسفوريت (B2b). وتعلو وحدة الحجر الجيري - المارل (B4) المعروفة بتكوين أم الرجم (باليوسين - أيوسين) طبقات وحدة الطباشير - المارل الغنية بالصخر الزيتي. و يوجد الصخر الزيتي على شكل مسطح طولي أو عدسي يشغل الأخاديد والقيعان المصدعة.

التركيب المعدني والكيمائي

دلت نتائج الدراسات المعدنية والصخرية والكيمائية التي قام بها (Abed and Amireh, 1983; Amireh, 1989) على عينات الصخور الزيتية من مناطق اللجون والمقارن والشلالة والحمة ووادي العرب على أن الكالسيت هو المكون الأساسي حيث تزيد نسبته كلما اتجهنا إلى شمالي الأردن. و يوجد الدولومايت على شكل عقد والكوارتز على شكل صوان أو حبيبي. و يوجد البايريت (Pyrite, Fe S₂) مع الصخر الزيتي وهو دليل على البيئة المختزلة التي تتجمع بها المواد العضوية، كذلك توجد المعادن الطينية (الكاولينيت والاليت) ذات الأصل القاري والمنقولة على شكل حبيبات لا تزيد نسبتها عن ١٠٪ في بعض العينات. وتزداد نسبة الأباتيت (فرانكوليت) في الجزء السفلي من طبقات الصخر الزيتي القريبة من وحدة الفوسفوريت. والصخور الزيتية هي من النوع الميكرايت أو البيوميكرايت الغني بالفورا مينيفيرا. ويتميز الصخر الزيتي الأردني باحتوائه على نسبة عالية من الكبريت تصل إلى ١٠٪ في الزيت الصخري (٣٢٪ من وزن الصخر الخام) والتي تستدعي فصله عن المواد المقطرة في حالة استغلاله. وتبلغ نسبة الزيت القابل للتقطير حوالي ١٠٪ من وزن الصخر الخام. وتحتوي المواد العضوية على ٨٩٥٪ من الوزن هيدروجين و ٧٢٪ نيتروجين (Abu Ajamieh, 1987) و يحتوي الصخر الزيتي على نسبة عالية من العناصر الشحيحة والنادرة التي يمكن أن تكون ناتجاً ثانوياً خلال عمليات استخراج الزيت الصخري. وفي دراسة قام بها المعهد الفيدرالي الألماني للأبحاث الجيولوجية على الصخر الزيتي من منطقة اللجون تبين أن الكربونات تصل نسبتها إلى ٥٣٪ من الوزن وأن نسبة الكربون ١٦٥٪ من الوزن والمواد العضوية القابلة للذوبان ٢١٪ من الوزن، والقيمة الحرارية ٢٣٠٠ كيلو كالوري/كغم (٣١) و يبين جدول (١٦-١) تركيز العناصر الشحيحة في

وصف الصخور			السمك	الوحدة	العدد
جبر جيري - وادي حديثة					
الرباعي	البرونزي - الحديثة	الكونجولوميات متزانة التكتونية العليا والسفلى		PG	٣٠-٥٠
		جبر جيري نوريدي		H ₄	١٠-٠
الرباعي	البرونزي - الحديثة	جبر جيري وصوان		B ₄	١٩-٦٠
		جبر جيري ماري		B ₃	١١٦-١١٨
الرباعي	البرونزي - الحديثة	الجزر (أدخل بيتوميني (وحدة الجاهز - المارل)		B ₂	٢٨-٣٠
		طبقات الترسبات العليا والسفلى من بيتوميني		B ₁	٦٠-٥٠
الرباعي	البرونزي - الحديثة	جبر جيري سيليني		A ₇	
		جبر جيري رملي - ملحي			
جبر جيري كلسي إكسودري					

شكل ١٦-٢ مقطع جيولوجي عام في وسط الارض بين وضع الحجر الجيري البيتيوميني (٢).

الصخر الزيتي من مناطق مختلفة حيث يظهر التركيز العالي لعناصر الكوبلت والكروم والنيكل والغاينيوم والزنك. ولا يزال الصخر الزيتي بحاجة الى دراسة تفصيلية لمعرفة تركيز هذه العناصر وعناصر أخرى مثل الفوسفور واليورانيوم والعناصر الأرضية النادرة.

نشأة الصخر الزيتي

جدول ١٦ - ١ تركيز العناصر الشحيحة في الصخر الزيتي من شمالي ووسط الأردن^(١)

العنصر	التركيز (جزء بالمليون)				
	المقارن	وادي الشلاله	وادي العرب	الحمة	اللاجون
Co	227	243	261	260	248
Cr	298	226	264	315	479
Cu	56	47	38	40	79
Mn	95	44	105	95	39
Mo	65	--	45	29	116
Ni	568	573	587	560	646
Sr	1073	988	1095	1043	1025
V	110	--	92	49	116
Zn	306	337	274	194	455

ترسب الصخر الزيتي في الاردن في الفترة بين نهاية العصر الماسترخي وبداية عصر الباليوسين في بيئة بحرية ضحلة كانت سائدة في معظم مناطق الأردن. والنظرية السائدة حول تجمع المواد العضوية هي التجمع السريع في بيئة مختزلة تمنع التحلل السريع شبيهة ببيئة البحر الأسود. ويعتقد^(١) (Bender, 1968) بأن الرواسب العضوية تجمعت في أحواض تكتونية فوق الصخور الفوسفاتية حيث كونت الجزء الاسفل من وحدة الطباشير - المارل. وفي الدراسة التي قام بها^(٢) (Abed and Amireh, 1983) تبين أن المياه التي رسبت الصخور الزيتية في الأردن كانت مؤكسدة وغير مختزلة. ولقد استعمل الباحثان الأدلة المتوافرة عن الصخر الزيتي الأردني مثل وجود بقايا المستحاثات القاعية، وارتفاع نسبة الكربونات وعلاقة العناصر الشحيحة مع بعضها بعضاً. وتم تفسير عدم تحلل المواد العضوية بوجود الاوكسجين بسرعة الترسيب والزمن العالي للكائنات الميتة التي يعتقد بأنها ذات أصل نباتي. ولقد أدى الزمن والتغيرات بعد عمليات الترسيب الى زيادة الحرارة والضغط حيث تحولت



شكل ١٦-٣ بيئة الترسيب للصخر الزيتي (١).

المواد العضوية في هذه الصخور الى كيروجين في الحجر الجيري أو المارلي، ولقد كانت ظروف التغيير من حيث الحرارة والضغط غير كافية لتحويل الكيروجين الى بترول. وفي دراسة قام بها (١) (Abed, 1982) تبين ان المادة العضوية المكونة للصخر الزيتي غير ناضجة وهي من أصل نباتي بحري حيث تجمعت وتغيرت الى كيروجين في مكانها، وأن الغطاء الصخري كان أقل مما يحتاجه الكيروجين للتحويل الى بترول. ويفسر ازدياد نسبة الكبريت في الصخر الزيتي الأردني الى وجود البيئة المختزلة التي تشجع البكتيريا المختزلة في تحويل الكبريتات الى كبريتيد.. ويبين الشكل (١٦-٣) نموذجاً لبيئة ترسيب الصخر الزيتي الأردني (١).

هذا ولا تزال الحاجة ماسة الى دراسة الصخر الزيتي من جميع النواحي الجيولوجية والكيمائية، والتطبيقية للوصول الى تفهم أوضح يضيء الطريق نحو مستقبل أفضل.

references

1. Abed, M., 1982: On the hydrocarbons of some Jordanian oil shales., *Dirasat*, 9:63-78.
2. Abed, A., & Amireh, B., 1983: Petrography and geochemistry of some Jordanian oil shales from north Jordan. *Jour. of Petroleum Geology*, 5:261-274.
3. Abu-Ajamieh, M., 1987: Mineral resources of Jordan, N.R.A. Internal Report. Amman.
4. Amireh, B., 1979: Geochemistry and petrography of some Jordanian oil shales., Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman.
5. Bender, F., 1968: *Geologie von Jordanien*, Beitrage Zur regionalen Geologie der Erde, Berlin., 230p.
6. Hufnagel, H., 1980: Investigation of the El-Lajun oil shale deposit., B.G.R. Internal Report, Hanover.
7. Nimry, Y., 1981: The oil shale. A possible substituting source for energy in Jordan. The Fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman 1:1-21.

الفصل السابع عشر

رمال القمار

رمال القار

رمال القار هي صخور رملية غالبا ما تفتقر للمادة اللاصقة مكونة من حبيبات الكوارتز ومشبعة بالمواد الهيدروكربونية الثقيلة خارجية المصدر مثل الاسفلت والزيوت البتيومينية الثقيلة، و يتركز في القار البتيوميني عادة عناصر هامة مثل الكبريت والفانديوم والنيكل يجب فصلها عند استعمال هذا النوع من مصادر الطاقة. وتقوم سلطة المصادر الطبيعية بدراسات مكثفة على رمال القار لغرض ايجاد احتياطي أكبر، وخاصة أن أماكن وجودها قرب مصنع البوتاس ومجمع الصناعات الكيماوية يزيد من أهميتها الاقتصادية.

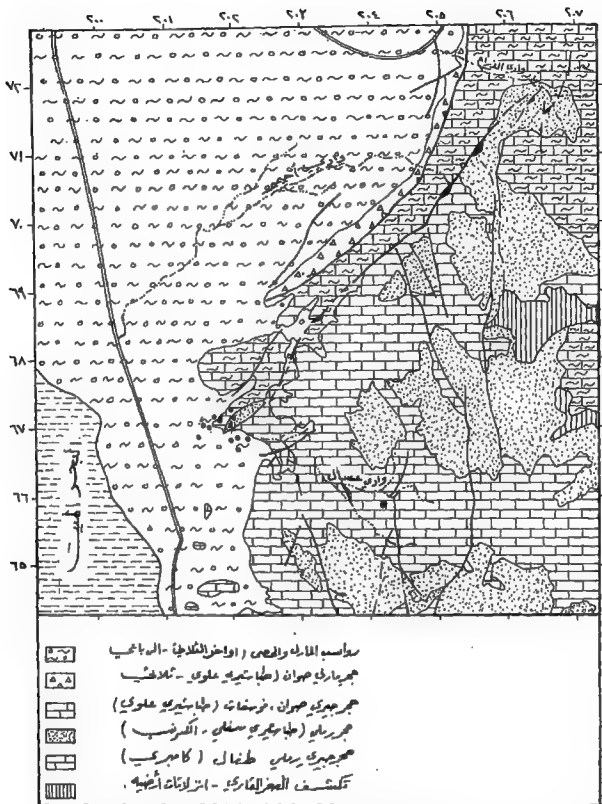
و يبين شكل (١٧ - ١) خريطة جيولوجية لمناطق تكشف رمال القار في الوديان المقابلة لمنطقة شمال البحر الميت، وتتكشف رمال القار حسب تقاير سلطة المصادر الطبيعية (١٩٨٧) Abu-Ajamieh، في ثلاث مناطق هي وادي عسال وادي أحيمر ووادي الذراع. ومما يجدر ذكره أن وجود البقع الاسفلتية طافية على سطح مياه البحر الميت معروف منذ القدم ومرتبطة بحدوث الهزات الأرضية في المنطقة.

جيولوجية الطبقات الحاملة للقار

ينحصر وجود الصخور المشبعة بالقار على شكل غير منتظم في طبقات الحجر الرملي الكربني (الطباشيري الأسفل) والحجر الرملي الكامبري (الكامبري الاعلى تكوينين عشرين). ويبدو أن هناك علاقة بين وجود القار والتراكيب الجيولوجية في المنطقة حيث تتكشف صخور القار على طول اتجاه الصدع الرئيسي المتجه شمال شرق حيث يقطع مصب وادي عسال ويستمر الى وادي أحيمر ثم الى وادي الذراع، وتتجه الكتلة البنيوية السفلى لهذا الصدع الى الشمال الغربي. وفي منطقة مصب وادي عسال يعلو الحجر الرملي الكربني في تباين واضح الحجر الرملي التابع للعصر الكامبري العلوي (تكوين عشرين)، وتفصل هذه الصخور عن الصخور الجيرية - المارلية التابعة للعصر السينوماني - التوروني، الصدع المتجه شمال شرق. و يتركز القار في المنطقة المكسرة في الحجر الرملي الكربني وكذلك في الجزء العلوي من الحجر الرملي الكامبري. وفي وادي أحيمر والذراع تتكشف صخور القار على طول اتجاه الصدع. وتظهر صخور الكامبري والطباشيري الأسفل الرملية في وضع متجاور.

التركيب المعدني والكيماوي لرمال القار

الكوارتز هو المكون الاساسي للحجر الرملي المشبع بالقار في الأردن. أما أهم المعادن الجانبية فهي الكاولينيت في صخور الحجر الرملي الكربني والليت - مسكوفيت في صخور الحجر الرملي الكامبري. وتزداد نسبة المواد الهيدروكربونية بالاتجاه العمودي والافقي حسب درجات النفاذية والمسامية للصخور، وتختفي في الصخور منخفضة النفاذية والمسامية. أما عن رمال القار فتدل النتائج الأولية على عينات من وادي عسال بأن كل كيلوجرام يعطي



شكل ١٧ - ١ خريطة جيولوجية تبين أماكن تكشف صخور القار في وادي عسال، وادي أجيم، وادي الذراع (١).

ما معدله ١١٩٠ كيلو كالوري، وتبلغ درجة الذوبان في الكلورفورم حوالي ١٤٪ و يبلغ معدل نسبة الكربون العضوي ١٠٥٪، والكبريت ١٢٪. ولا تزال الدراسات الحقلية والجيوكيماوية من قبل سلطة المصادر الطبيعية مستمرة. هذا وربما تكون نوعية القار في الحجر الرملي أفضل مما ذكر، حيث تشير نتائج تحاليل إحدى العينات من وادي الذراع الى أن نسبة مجموع الكربون العضوي تصل الى ٢٥٪ والكبريت ٤٪ وتصل نسبة الذوبان الى ٤٠٪ في الكلورفورم.

نشأة المواد الهيدروكربونية في الصخور الرملية

تشير الدلائل الجيولوجية والتاريخية المختلفة الى أن هناك خزاناً للبتروول في إحدى القيعان المصدعة أو الأخابيد في منطقة اللسان أو البحر الميت. و يبدو أن الصدوع المرتبطة بتكوين حفرة الانهدام كانت الطريق السهل لخروج البتروول الى الصخور الرملية وتركيزه في المناطق المكسرة والعالية النفاذية والسامية، و يبدو أن المكونات الخفيفة للبتروول المهاجرة قد تبخرت أو تحللت بفعل البكتيريا التي تحملها المياه الجوفية الغنية بالأكسجين تاركة الجزء الأسفلتي والبيتيوميني الثقيل في الصخور الرملية التابعة للكامبري العلوي والطباشيري السفلي. وهناك احتمال لوجود القار في صخور الكامبري الأوسط والأسفل (الدولومايت والأركوز).

Reference

1. Abu-Ajamieh, M., 1987: Mineral resources of Jordan., N.R.A. Internal Report, Amman.

الفصل الثامن عشر

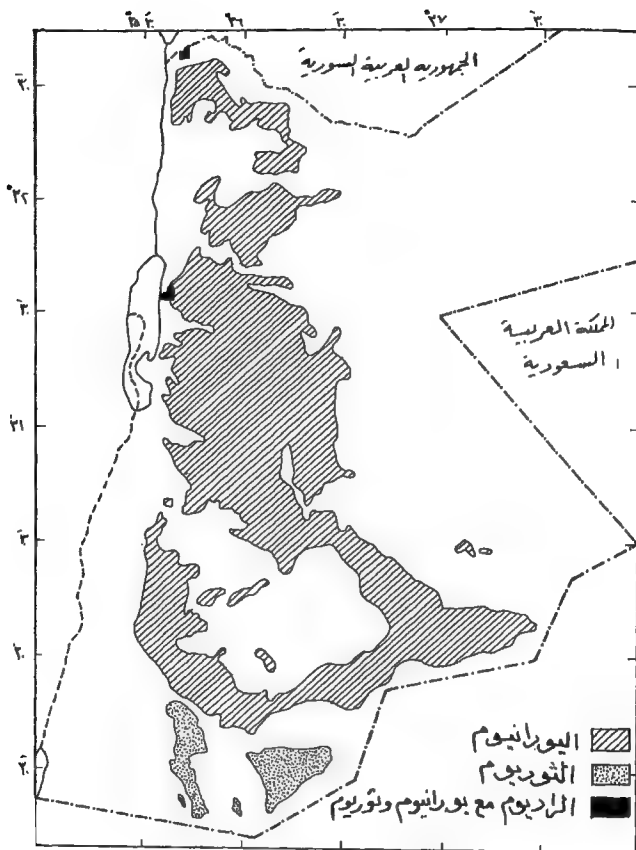
المعادن المشعة

المعادن المشعة

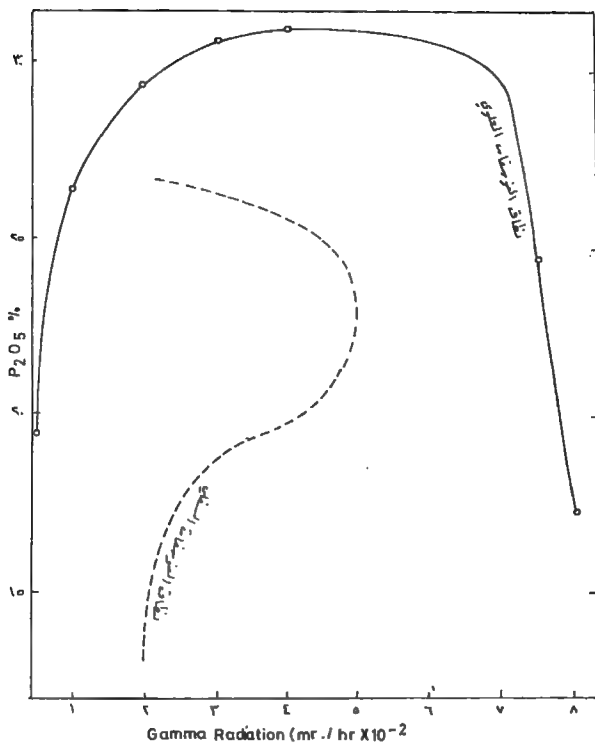
تعتبر المعادن المشعة والتي تحتوي على العناصر المشعة من مصادر الطاقة البديلة والهامة وخاصة في مجال توليد الكهرباء وتحمية مياه البحار. وتعتمد حالياً كثير من دول العالم الصناعية على العناصر المشعة ومشتقاتها كمصدر هام للطاقة. وفي الأردن بدأت سلطة المصادر الطبيعية في البحث عن المعادن المشعة منذ بداية السبعينات حيث أجريت مسوحات جيولوجية، وجيوفيزيائية وكيمائية عديدة أثبتت وجود تركيز غير عادي لليورانيوم والثوريوم والراديوم في مناطق مختلفة من الأردن. و يبين شكل (١٨ - ١) نتائج المسح الجوي للأردن حيث تظهر الخريطة أمكن تسجيل القراءات العالية للعناصر المشعة وهي اليورانيوم والثوريوم والراديوم بقياس شدة إشعاع جاما.

١. اليورانيوم

تشير خريطة توزيع العناصر المشعة الى أن اليورانيوم يتركز في صخور العصر الطباشيري العلوي وتتطابق الى حد بعيد مع صخور وحدة الفوسفوريت والجزء السفلي من وحدة الطباشير - المارل (الصخر الزيتي). وكذلك فإن هناك تركيزاً عالياً أيضاً لكن إذا انتشر محلي مصاحب لرواسب البناييع الحارة الحديثة في مناطق الزرقاء - ماعين، زاره (الجانب الشرقي للبحر الميت) والمخبية (١١) (شمال الأردن). Abu Ajamieh, 1981. ولقد بين (١٢) 1985 Helmdach et al, وجود تركيز عال لليورانيوم في الصخور الجيرية الواقعة ما بين منطقة الزرقاء والسخنة والتابعة للعصر التوروني العلوي والسانتوني السفلي. ولقد قامت سلطة المصادر الطبيعية بدراسات عديدة حول تركيز عنصر اليورانيوم في صخور وحدة الفوسفوريت والجزء السفلي من وحدة الطباشير - المارل (الصخر الزيتي) تضمنت حفر آبار وصلت الى عمق ٧٥ م. وتم التعرف على معادن الاوتيونيت والتياميونيت والكارنوبتيت المشعة كمصدر لليورانيوم. ولقد وجد بأن تركيز اليورانيوم في وحدة الفوسفوريت يزداد باتجاه شمالي الأردن، وهو أعلى بكثير من تركيزه في الفوسفات متدني الدرجة في شرق وشمال شرقي الأردن الذي يتبع صخور عصر الايوسين. ولقد وجد بأن هناك علاقة طردية بين نسبة تركيز الفوسفات وتركيز اليورانيوم، و يبين الشكل (١٨ - ٢) العلاقة بين قوة اشعاع جاما وتركيز خامس أكسيد الفوسفور الثنائي حيث يزداد المحتوى الاشعاعي بازدياد تركيز الفوسفور، والذي يصل في وسط الأردن الى أعلى تركيز. له في طبقات الفوسفات العليا ($P_2O_5 = 30\%$) بالمقارنة بطبقات الفوسفات السفلي ($P_2O_5 = 22\%$). وكما هو مبين بالشكل فإن تركيز اليورانيوم يستمر بالزيادة بمعدل أقل حتى في الطبقات منخفضة المحتوى من الفوسفور. ويمكن تفسير ذلك بأن اليورانيوم مرتبط بتركيب معدن الفرانكوليت حيث تظهر العلاقة الطردية الى الحد الاعلى للمحتوى الفوسفاتي. و يدل معدل ازدياد المحتوى الاشعاعي حتى بعد انخفاض نسبة الفوسفات الى وجود علاقة طردية بين معادن اليورانيوم الثانوية ووجود المعادن الطينية التي تساعد في امتصاص وترسيب معادن اليورانيوم الصفراء. ولقد قام (١٣) Ajamieh, 1981



شكل ١٨ - ١ خريطة تبين نتائج المسح الجوي الأردني وأماكن تركيز العناصر المشعة بقياس شدة إشعاع جاما (١).



شكل ١٨ - ٢ العلاقة بين تركيز اليورانيوم والفوسفات في مناطق وسط الاردن (١).

Abu بتقسيم وحدة الفوسفوريت الى خمسة نطاقات بالاعتماد على تركيز اليورانيوم. و يبين شكل (١٨-٣) النطاقات الخمسة في مقطع يمثل الجيولوجيا تحت سطحية في المنطقة الواقعة بين سواحه وجرف الدراو يش. ولقد اعطي اسم النطاق شديد الاشعاع للطبقات التي يبلغ معدل تركيز ثامن اكسيد اليورانيوم الثلاثي (U_3O_8) فيها ٢٠٤ أجزاء بالمليون، والنطاق متوسط الاشعاع للطبقات التي يتراوح تركيزه فيه بين ٩٥-١١٥ جزءاً بالمليون، والنطاق ضعيف الاشعاع للطبقات التي يبلغ معدل تركيزه فيها ٢٤ جزءاً بالمليون. و يتراوح تركيز اكسيد اليورانيوم في خامات للفوسفات في الرصيفة ١٣٥-١٧٠ جزءاً بالمليون، و يقل معدله كلما اتجهنا جنوباً فهو ٩٣ جزءاً بالمليون في الحسا و ٨٣ جزءاً بالمليون في الشدية (١٩٨١ Khaled and Abed, والزرقاء، و يصل اكثر من ٣٠٠ جزءاً بالمليون و يتركز ثانوياً الى نسب أعلى في الشقوق والفواصل (١٩٨٧) Helmdach, et al, 1985; Wrickat et al, 1987

ومما يجدر ذكره أن اليورانيوم يحل محل الكالسيوم في الاباتيت في المراحل الأولى عند الترسيب من مياه البحر.

اهمية اليورانيوم في الفوسفات الأردني

تقدر كمية الاحتياطي الأولى في أكسيد اليورانيوم في الفوسفات الأردني القابل للتعدين بأكثر من ٢٠٠.٠٠٠ طن متري (١٩٨١ Abu Ajamieh, ولكن الكمية الفعلية هي أكثر من ذلك بكثير و يمكن استخلاص اليورانيوم كنتائج ثانوي خلال عملية تصنيع حامض الفوسفوريك وتدل النتائج الأولية للأبحاث الجارية في مصنع الأسمدة الكيماوية على أنه يمكن تركيز ٨٠-١٠٠ طن متري من ثامن اكسيد اليورانيوم الثلاثي (الكعكة الصفراء) عند استخدام ١٣ مليون طن متري من الفوسفات. و يمكن تحويل الكعكة الصفراء الى فلوريد اليورانيوم الذي يمكن تصنيعه الى وقود نووي لاغراض المفاعلات النووية. وهناك حاجة ماسة لاجراء المزيد من الابحاث على توزيع اليورانيوم في الفوسفات الأردني، و افضل الطرق لاستخلاصه، وهناك تكنولوجيا متقدمة في الولايات المتحدة الامريكية لاستخلاص اليورانيوم من الفوسفات وخاصة في ولاية فلوريدا يمكن الاستفادة منها في هذا المجال.

٢. الثوريوم

تبين خريطة توزيع العناصر المشعة في الاردن (شكل ١٨-١) أماكن وجود الثوريوم حيث يتركز في مناطق جنوب شرقي الأردن في الصخور الرملية التابعة لحقبة الحياة القديمة (الاوردوفيشي والسلوري السفلي). و يتكون الجزء السفلي من صخور العصر الأوردوفيشي من الحجر الرملي البني المتطبق ذي الأصل القاري يعلوه الحجر الرملي الناعم والرملي الطيني الجرانيتي من العصر الأوردوفيشي الأوسط، ثم الحجر الرملي الناعم والطيني الكونولياري من الأوردوفيشي العلوي ذي الأصل البحري. وتعلو واسب الحجر الرملي النوتيليدي البحري

العمود بالأشعار	السلح بالأشعار	المقطع	وصف الصخور	U ₃ O ₈ (ppm.)	النظام
١٠.	١٤	~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	مارك	٩٥	متوسط الإشعاع
		~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~		٩٠.٤	قوى الإشعاع
٢٠.	٤	□ ~ ~ □	فوسفات ماري هوان	٦٠	متوسط الإشعاع
	٤	□ ~ ~ □	طبقات الفوسفات العليا	١١٥	
٣٠.		~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	مارك	٦٠	متوسط الإشعاع
٤٠.	٢٤	C C	كوكينا	٩٤	ضعيف الإشعاع
٥٠.		C C C C C C C C C C C C C C C			
٦٠.	٤	□ ~ ~ □	طبقات الفوسفات السفلي	١٠٠	متوسط الإشعاع
		Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ Δ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	طبقات هوان مارك	٥٠	
٧٠.		Δ Δ Δ Δ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	سوى الحياة الجوفية	▽	▽

شكل ١٨ - ٣ مقطع جيولوجي تحت سطحي يمثل طبقات الفوسفات في المنطقة الواقعة بين سواقة وجرف الدراويش (١).

(سيلوري سفلي) صخور الأوردوفيشي. و يتركز الثوريوم وعناصر أخرى هامة في صخور الأوردوفيشي الأوسط الجرابتوليتية حيث يصل تركيز أكسيد الثوريوم الى حوالي ٤٠٠ جزء بالمليون. أما تركيز العناصر الأخرى مثل الزركونيوم (حوالي ٣٠٠٠ جزء بالمليون) وسترونشيوم (٢٠٠ جزء بالمليون) و باريوم (٢٠٠ - ٧٠٠ جزء بالمليون) والعناصر الأرضية النادرة (٥٠٠ جزء بالمليون) والتنجستن (٥٠٠ - ١٠٠٠ جزء بالمليون) والتيتانيوم (٠.٦ - ٠.٧٪) ... الخ^(١) (Abu Ajamieh, 1981) ويبدو أن المعادن الثقيلة مثل الزركون والروتايل والمونازيت التي نقلت من مصادرها (صخور القاعدة) وترسب على شكل حبيبي مع رسوبيات حقب الحياة القديمة هي مصدر الثوريوم العالي. وكذلك فإن تحليل عينة من الحجر الجيري التابع للعصر الطباشيري العلوي في المنطقة بين السخنة والزرقاء أظهرت تركيزاً عالياً للثوريوم وصل الى أكثر من ٢٠٠ جزء بالمليون^(٢) (Wreikat, et al, 1987). إن توزيع عنصر الثوريوم في صخور حقب الحياة القديمة وفي صخور العصر الطباشيري العلوي وخاصة الفوسفاتية منها بحاجة الى دراسات تفصيلية يجب الأخذ بها بعين الاعتبار في المشاريع التنقيبية المستقبلية.

٣. الراديوم

الراديوم ٢٢٦ هو ناتج من تحلل اليورانيوم ٢٣٨ حيث أظهرت الدراسات الأولية على رواسب الينابيع الحارة الحديثة بأن هناك تركيزاً عالياً لعنصر الراديوم مع آثار لعناصر الثوريوم واليورانيوم. ويبدو أن هنالك علاقة بين حركة المياه في الصخور الحاملة للعناصر المشعة مثل وحدة الفوسفوريت أو الصخر الزيتي وتركيز عنصر الراديوم في مياه الينابيع الحارة ورواسبها من الترافرتين على السطح. وبالتالي فإن الحاجة ماسة الى اجراء دراسات تفصيلية أخرى لمعرفة تركيز عنصر الراديوم في مياه الينابيع الحارة والرواسب الحديثة وعلاقة ذلك بالصخور التي تتخللها والتي يعتقد بأنها صخور المصدر للعناصر المشعة.

References

1. Abu Ajamieh, M., 1981: Radioactive minerals in Jordan., The Fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman. 2:16 p.
2. Helmdach, F., Khoury, H., and Meyer, J., 1985: Secondary uranium mineralization in the Santonian-Turonian, near Zarqa, north Jordan. Dirasat, 12:106-111.
3. Khalid, H., and Abed, A., 1981: Uranium in Esh- Shadiya phosphates., Dirasat, 8:57-66.
4. Wreikat, A., Abdallah, M., and Saffarini, G., 1987: The determination of U and Th in some Jordanian mineral deposits using natural gamma ray spectroscopy., Dirasat, 14: 187-191.

المراجع باللغة العربية

الشريف، روجي ومنير قاقيش، ١٩٨٢، خواص الحجر الجيري كحجر بناء وحصى في الاردن، الجمعية الملكية، عمان.

عابد، عبد القادر، ١٩٨٢ : جيولوجيا الاردن، دار النهضة الاسلامية، عمان.

عابد، عبد القادر، ١٩٨٥ : جيولوجيا البحر الميت، دار الأرقام، عمان.

عمارين، عوني وخالد شرايحة، ١٩٨٦ : املاح البحر الميت: مخزونها واستخلاصها واستعمالاتها. ندوة الملح في الوطن العربي، عمان.

قاقيش نزار، ١٩٨٦ : خصائص حجر البناء الاردني، الجمعية الملكية، عمان

المراجع باللغة الانجليزية

- Abed, A., 1978: Deposition environments of the Kurnub (Lower Cretaceous) sandstones: I.A Coal horizon at the lower most Kurnub in north Jordan. *Dirasat*, 5: 31-44.
- Abed, A., 1978 : A coal horizon at the lower most Kurnub, north Jordan, *Dirasat*, 5: 34-44.
- Abed, M., 1982: On the hydrocarbons of some Jordanian oil shales., *Dirasat*, 9:63-78.
- Abed, A., 1982 : Depositional environments of the early Cretaceous Kurnub (Hathira) sandstones, north Jordan. *Sediment. Geol.*, 31: 267-279.
- Abed, A., 1982: Geology of Jordan, *Al-Nahda Al-Islamiah*, 232 p.
- Abed, A., 1985: Geology of the Damya Formation, *Dirasat*. 12:99-108.
- Abed, A., 1985: Geology of the Dead Sea; waters, salts and evolution. *Dar Al Arqam*, Amman.
- Abed, A., and Mansour, H., 1982 : Petrography and chemistry of some lower Cretaceous glauconites from Jordan, *Dirasat*, 9 : 67 - 80.
- Abed. A., & Amireh, B., 1983: Petrography and geochemistry of some Jordanian oil shales from north Jordan., *Jour. of Petroleum Geology*, 5:261-274.
- Abed, A., and Khalid, H. H., 1985: Distribution of uranium in the Jordanian phosphates, *Dirasat*, 7: 91 - 103.
- Abed, A., and El-Hiyari, M., 1986: Depositional environment and palaeogeography of the Cretaceous gypsum horizon in west central Jordan, *Sediment. Geol.*, 47: 109-123.
- Abed, A., and Ashour, M., 1987: Petrography and age determination of the NW Jordan Phosphates. *Dirasat*, 14: 247-265.
- Abu- Ajamieh, M., 1974 : Uranium resources in Jordan, Unpublished Report. NRA, Amman.
- Abu Ajamieh, M., 1981: Radioactive minerals in Jordan., *The Fourth Arab Mineral Resources Conference*, Amman. 2:16p.
- Abu-Ajamieh, M., 1987: Mineral resources of Jordan, N.R.A. Internal Report. Amman.
- Adamia, S., Chkhotua, M., Kekelia, M., Lordkipanidz, M., Sharishvili, I., and Zachariadze, G., 1981 : Tectonics of the Caucasus and adjoining regions : Implications for the evaluation of the Tythys ocean: *J. of Structural Geol.*, 3: 437-447.
- Al-Agha, M., 1985: Petrography, mineralogy, geochemistry and genesis of the north Jordan phosphates. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.
- Al-Hawari, Z., 1986: Clay minerals associated with the Jordanian phosphates and its possible industrial utilization. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.
- Al-Sbaeay, I., 1987: Dead Sea water geochemistry., M.Sc. thesis, University of Jordan, Amman.

Amireh, B., 1979: Geochemistry and petrography of some Jordanian oil shales., Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman.

Amireh, B., 1987: Sedimentological and petrological interplays of the Nubian Series in Jordan with regard to paleogeography and diagenesis. *Bewg. Geol. Palaont. Diss.*, Braunschweig, 232p.

Arsalan, F., 1976: *Geologie und Hydrogeologie der Azraq-Depression*. Diss. Technische Hochschule Aachen, 85p.

Bandel, K., and Haddadin, A., 1979: The depositional environment of Amber-bearing rocks in Jordan, *Dirasat*, 6:39-65.

Bandel, K., and Khoury H., 1981: Lithostratigraphy of the Triassic in Jordan, *Facies*, 4 : 1- 26

Bandel, K., and Mikbel, S., 1985: Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa., *Mitt. Geol. Paleont. Inst. Hamburg*. 59:167-188.

Barjous, M., 1986: The geology of Siwaqa map, sheet No. 3252. IV, *Bull. 4, N.R.A Bull. 4*, 70p.

Barnes, I, Presser, T., Saines, M., Dickson, P., and Koster Van Gross, A., 1982: Geochemistry of high basic calcium hydroxide groundwater in Jordan, *Chem. Geol.*, 35: 147-154.

Basha, S., 1987: On the Tertiary phosphate rocks of the Risha area, NE Jordan. *Dirasat*, 14:211-227.

Basta, E., and Sunna, B., 1972: The manganese mineralization at Feinan District, Jordan, *Bull. Fac. Sc., U of Cairo*, 44 : 111-126.

Batayneh, A. 1987: Geophysical studies of iron occurrences in northern Jordan. Unpublished M.Sc. Thesis, U of Jordan. 150 p.

Bender, F., 1965: Zur Geologie der Kupfererz-Vorkommen am Ostrand des Wadi Araba, Jordanien, *Geol. Jb.*, 83: 181-208.

Bender, F., 1968: *Geologie Von Jordanien*, 7, *Beitrage Zur Regionalen Geologie der Erde*. Gebrüder, Borntraeger, Berlin, 230p.

Bender, F., 1974 : Explanatory notes on the geological map of Wadi Araba, Jordan. *Geol. Jb. Bull.* 10: 3-62.

Bender, F., 1974: *Geology of Jordan. Beitrage zur Regionalen Geologie der Erde*. Gebrüder Borntraeger Pub., Berlin, 196p.

Bender, F., 1975: *Geology of the Arabian Peninsula, Jordan*, Prof. Pap. U.S. Geol. Surv. 560-I., Washington.

Bender, F., 1982: On the evolution of the Wadi Araba Jordan Rift, *Geol. Jb. Bull.* 45: 3-20.

Bender, F., Echhardt, F., and Heimbach, E., 1970: Rohstoffe Zur Düngemittelherstellung und Phosphat Basis in Jordanien. BGR Unpublished Report, Hanover.

Beerbaum, B., 1977: Die Genese der marin-sedimentaren Phosphat lagerstätte von Al Hasa., *Geol. JB.* 24, 58p.

- Benson, W., 1952: Investigation of mineral resources of Jordan. Unpublished report, BGR Archiv, Hanover.
- Bentor, J., 1956 : The manganese occurrences at Timna, a lagoonal deposit, XX Cong. Geol. Inter. Symp. Mexico.
- Bentor, Y., Gross, S., and Heller, L., 1963: Some unusual minerals from "Mottled Zone" complex, Israel., Amer Min. 48: 924-930.
- Bentor, Y., Gross, S., and Kolodny, Y., 1972: New evidence on the origin of the high temperature mineral assemblage of the "Mottled Zone", Israel, 24th, International Geological Congress, 2: 265-275.
- Blake, G., 1930: The mineral resources of Palestine and Trans - Jordan Jerusalem Printing and Stationary Office.
- Blake, G., 1936: The stratigraphy of Palestine and its building stone, Jerusalem Printing and Stationary Office
- Blake, G., and Ionides, M., 1939: Report on the water resources of Transjordan and their development. London, Crown Agents for the Colonies.
- Blanckenhorn, M., 1896: Entstehung und Geschichte des Toten Meeres - Zeitschr. Deutsch-Palastine Vereins, Leipzig.
- Boom, Van den, G., 1969: Zur Geologie und Genses der Manganerz Vorkommen in Wadi Dana Geol. Jb. 81:42-46.
- Boom, Van den, and Lahloub, G., 1962: The iron-ore deposits of Warda in southern Ajlun-District. Unpublished Report, NRA, Amman.
- Boom Van den, G., and Lahloub, M., 1964: Geological and petrological investigations of igneous rocks in the area of Quweira, S-Jordan. NRA Internal Report, Amman.
- Boom, G., and Suwwan, O., 1966: Report on geological and petrological studies on the Plateau-Basalts in NE Jordan. GGM. Archiv BGR, Hanover.
- Boom Van den, G., and Rösch, H., 1969: Modalbestand und Petrochemie der Granite in Gebiet von Aqaba-Quweira, Sudjordanien, Beih. geol. Jb., 18: 113-148
- Burdon, D., 1959: Handbook of the geology of Jordan; to accompany and explain the three sheets of 1:250.000 geological map of Jordan, east of the Rift by A. Quennell., Govt., Hashemite Kingdom of Jordan. 82 p.
- Coppens, R., Bashir, S., and Richard, p., 1977: Radioactivity of Al-Hasa phosphates, a preliminary study. Mineral. deposita. 12: 189-196.
- Darwish, J. 1987: Investigation of Azraq clays. NRA-Internal Report 18p.
- Demag, A, 1960 : Report of the manganese of Wadi Dana, Jordan, Unpublished, BGR Archiv. Hanover.
- Dwiri, M., 1988: Generation of zeolite from alteration of basaltic glass from Jebel Aritain volcano. The Third Jordanian Geological Conference, Amman, p 30.
- Fakhoury, K., 1987: Chemical variability in francolites from Jordan, and role of microbial processes in phosphogenesis. Unpublished M.Sc. Thesis, U. of Jordan, Amman, 127p.

- Faraj, B., 1988: Palygorskite and its possible economic value in Azraq Basin, Jordan, NRA, Internal Report. 13p.
- Futian, A. and Neville, R., 1980: Palynological analysis of seven samples from Batn El-Ghoul. 2 and 3 boreholes submitted by JEBCO Petroleum Development, Rep. 4472P/F.
- Gharibeh, R., 1981: The geochemistry of the Dead Sea. The fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman.
- Gold, O., 1964: The Wadi Araba copper exploration, Jordan, Unpublished report.
- Gross, S., Mazar, E., and Zak, I., 1967: The "Mottled Zone" complex of Nahal Ayalon, central Israel, Israel J. Earth-Sci., 16:84-96.
- Gross, S., 1977: The mineralogy of Hatrurim Formation, Israel. Geol. Survey of Israel, Bull. 7, 80 p.
- Gruneberg, F., and Dajani, 1964: The soils of Azraq area. GGM, Archiv RGR, Hanover.
- Haddadin, M., 1974: Possibilities of bentonite in Jordan, NRA, Internal Report, 24p.
- Hakki, W., 1971: The mineral exploration of the Aqaba granites, NRA. Internal Report, Amman.
- Hakki, W., 1978: Daba marble project, N.R.A. Unpublished Report, Amman, 40p.
- Hall, p., and Nimry, Y., 1971: The Mahis clay deposits, NRA, Internal Report, Amman.
- Hamam, K., 1977: Foraminifera from Maestrichtian phosphate-bearing strata of El-Hasa, Jordan. J. of Foraminiferal Research, 7:1.
- Hauf, p., 1979: Hashemite from Daba, Jordan, U.S.Geol. Survey, Internal report, Washington.
- Heimbach, W., and Rösch, H., 1980: Die Mottled Zone in Central Jordanien., Geol. Jb. 40:3-17.
- Heimbach, W., and Rösch, H., 1982: Zum vorkommen von Wolchońskoit, einem Cr-Montmorillonit aus dem Hangenden der Mottled Zone Zentraljordaniens. Geol. Jb., B45:21-30.
- Helmdach, F.; Khoury, H., and Meyer, J., 1985: Secondary uranium mineralization in the Santonian-Turonian, near Zarqa, north Jordan. Dirasat, 12:105-111.
- Hull, E., 1886: Memoir on the physical and geography of Arabia Petraea, Palestine, and adjoining districts, with special reference to the mode of formation of the Jordan-Arabah depression and the Dead Sea. Bentley & Sons, London, 145 P.
- Hufnagel, H., 1980: Investigation of the El-Lajun oil shale deposit., B.G.R. Internal Report, Hanover.
- Ibrahim, H., 1965: Geology and possibilities in the area between Mahis and Ghor Kabid, NRA, Internal Report, Amman.
- Jallad, I., 1977: Investigation on the upgrading processes of the low grade phosphates. Unpublished Ph. D. thesis, Cairp U., Cairp.

Jarrar, G., 1984: Late Proterozoic crustal evolution of the Arabian-Nubian shield in the Wadi Araba area, SW-Jordan. Unpublished Ph.D. thesis, Braunschweig University, 107 P.

Jaser, D., 1986: The geology of Khan ez Zablib, Map sheet No. 3253 III., N.R.A., Bull. 4, 47p.

Jeresat, K., and Bashir, S., 1972: The tripoli occurrences between Madaba and Tafila, N.R.A. Internal Report, Amman.

JPC, 1986: Jordan Phosphate Mines Co. LTD. Annual Report.

Karam, D., 1967: Studies on some phosphate bearing rocks on Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, Ain Shams U., Cairo.

Karam, S., 1973: Geological report on some tripoli occurrences in Jordan. Royal Sci. Soc., Amman.

Khalid, H., 1980: Petrography, mineralogy, and geochemistry of Esh-Shidya, Unpublished M. Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.

Khalid, H., Abed, A., 1981: Uranium in Esh-Shadiya Phosphates., Dirasat, 8:57-66.

Khalid, H., and, Abed A., 1982: Petrography, and geochemistry of of Esh-Shidya, phosphates. Dirasat, 9: 81-102.

Khoury, H., 1974: Boron in Mahis clays as a paleoenvironmental indicator, Dirasat, 1:97-103.

Khoury, H., 1980: Mineralogy and origin of Azraq clay deposits, Jordan, Dirasat, 7:21-31.

Khoury, H., 1981: The kaolin deposits of Mahis area, Jordan. Dirasat, 8:69-84.

Khoury, H., 1985: The origin of highly alkaline waters from the Maqarin area, north Jordan, Dirasat, 12: 125-131.

Khoury, H., 1986: Depositional environment and diagenesis of the lower part of the Kurnub Sandstone Formation (lower Cretaceous), Mahis area, Jordan. Sediment. Geol., 49:129-141.

Khoury, H., 1986: On the origin of stratabound copper-manganese deposits in Wadi Araba, Jordan, Dirasat, 13:227-247.

Khoury, H., 1986: The origin of tripoli in Jordan., Sediment. Geol., 48: 223-235.

Khoury, H., 1987: Tripolization of chert in Jordan. Sediment. Geol., 53: 315-310.

Khoury, H., 1987: Alunite from Jordan, N.Jb. Miner. Mh., 9:426-432.

Khoury, H., 1989: Isoiopic evidence of thermal matamorphism of the bituminous limestone of Maqarin area, Jordan. (In Press).

Khoury, H., and Nassir, S., 1982: A discussion on the origin of Daba-Siwaqa marble, Dirasat, 9:55-66.

Khoury, H., and Nassir, S., 1982: High temperature mineralization in the bituminous limestone in Maqarin area, north Jordan., N.Jb. Miner. Abh. 144: 197-213.

Khoury, H; and Salameh, E., 1986: The origin of high temperature minerals from Sweileh area, Jordan, Dirasat, 8. 261-269.

- Khoury, H., and El-Sakka, W., 1986: Mineralogical and industrial characterization of the Batn El-Ghoul clay deposits, southern Jordan, *App. Clay Sci.*, 1; 321-351.
- Khoury, H., and Khalil, K., 1986: Ghor Kabid clay deposits, Jordan, *Dirasat*, 13: 246-260.
- Khoury, H., and Graetsch, H., 1989: Mineralogy and petrography of some opaline phases from Jordan, (In Press.).
- Khoury, H., Salameh, E., Udluft, p., 1984: On the Zerka Main travertine/Dead Sea., *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.* 8: 472-484.
- Khoury, H., Salameh, E., and Abdul-Jaber, Q., 1985: Characteristics of an unusual highly alkaline water from the Maqarin area, northern Jordan. *J. Hydrol.*, 81: 79-91.
- Khoury, H., Al-Hawari, Z. and El-Suradi, S., 1988: Clay minerals associated with Jordanian phosphates and their possible industrial utilization. *Appl. Clay Sci.*, 3: 111- 121.
- Khoury, H., Mackenzie, R., Russel, J., and Tait, J., 1984: An iron free volkonskoite, *Clay Mins*, 19: 43-47.
- Kolodny, Y., 1979: Natural cement factory: A geological story. Franklin Pierce College, 203-215.
- Kolodny, Y., and Gross, S., 1974: Thermal metamorphism by combustion of organic matter; isotopic and petrological evidence., *J. Geol.* 82 : 489 - 506.
- Kolodny, Y., Bar, M., and Sass, E., 1971: Fission track age on the "Mottled Zone Event" in Israel. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 11: 269-272.
- Kolodny, Y., Schulman, N., and Gross, S., 1973: Hazeva Formation sediments affected by the "Mottled Zone Event". *Israel J. Earth - Sci.*, 22: 185-193.
- Krashan, G., 1988: Sedimentology and geochemistry of Amman Formation in Wadi El-Mujib area, central Jordan. Unpublished M. Sc., thesis U of Jordan.
- Lartet, L. 1869 : *Essai sur la Geologic de la Palestine- Ann. Sci. Geol.*, 1 pt., 1:1- 116.
- Matthews, A., Kolodny, Y., 1978: Oxygen isotope fraction in decarbonation metamorphism, *Earth and Planet., Sci. lett.*, 39: 179-192.
- Mckelvey, V., 1959 : Investigations needed to stimulate the development of Jordan mineral resources, Unpublished Report. USGFS.
- Mikbel, Sh., and Zacher, W., 1981: The Wadi Shueib structure in Jordan., *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 9: 571-579.
- Mikbel, Sh., and Abed, A., 1985 : Discovery of large phosphate deposits in NW Jordan. *Dirasat*, 12: 125-136.
- Mikbel, Sh. Saffarini, G., and El-Isa, Z., 1985: New iron occurrences west of Amman. *Jordan, Dirasat*, 12 : 112-124.
- Nassir, S., and Khoury, H., 1982: Geology, mineralogy, and petrology of Daba marble, Jordan, *Dirasat*, 9: 109-130.
- Neev, D., and Emery, K., 1967: The Dead Sea., *Geol. Survey of Israel., Bull.*, 41 : 147 p.

- Nimry, Y., 1967: The manganese occurrences at Wadi Dana, Jordan, Unpublished Report, NRA.
- Nimry, Y., and Haddadin, M., 1970: Glass sand of Ras En Naqb. NRA. Internal Report, Amman.
- Nimry, Y. 1973: The copper and manganese prospects of Wadi Araba, Unpublished Report, NRA.
- Nimry, Y., 1981: The oil shale. A possible substituting source for energy in Jordan. The Fourth Arab Mineral Resources Conference, Amman 1:1-21.
- Nissenbaum, A., 1977: Minor and trace elements in the Dead Sea Water, Chemical Geology, 19:99-1.
- NRA, 1981: Mineral occurrences in Jordan, NRA Internal Report, Amman.
- Omari, K., 1975: The tripoli prospects of Ainun and El-Shehabiyeh, N.R.A. Internal Report, Amman.
- Pecal, Z., and Gharibeh, R., 1968: Leucogranites in southern Jordan. A potential source of feldspar raw material, NRA Internal Report. Amman.
- Picard, L., 1941: The Precambrian of the north Arabian-Nubian Massif. Bull., Geol. Dept., Hebrew Univ., 3, 3-4.
- Quennell, A., 1951: The geology of mineral resources of Trans-Jordan. Colonial Geology & Mineral Resources, London, 2: 85 - 115.
- Reeves, M., and Saadi, T., 1971 : Factors controlling the deposition of some phosphates bearing strata from Jordan. Econ. Geol., 68 : 541 - 465.
- Rimawi, O., 1980: Geochemistry and isotope hydrogeology of the thermal springs along the eastern side of the Jordan, Dead Sea. M. Sc. Thesis., U of Jordan, Amman.
- Robertson, A., 1977: The origin and diagenesis of chert from Cyprus. Sedimentology. 24: 11 - 30.
- Rösch, H., and Saadi, T., 1975 : Types of phosphate rocks and their chemical and petrological characteristics. Technical Report. DP/UN/ Jordan- 70 - 521/2, published by the United Nations.
- Ruef, M., and Jeresat, K., 1965; Geology of Jiza-Qatrana area, Central Jordan., N.R.A., Unpublished Report, Amman.
- Saadi, T., 1968: Tripoli, N.R.A., Internal Report, Amman.
- Saadi, T., 1969 : Mineralogy, crystal chemistry, and genesis of some Jordanian phosphate ores. Unpublished M.Sc. thesis, Durham, England.
- Saadi, T. and Shaaban, M., 1981 : Uranium in Jordanian phosphates and its distribution in the beneficiation processes. The Fourth Arab Min. Res. Conf. Amman.
- Sadaqa, R., 1983 : Geology and new phosphate deposits of Wadi El-Abiad area, central Jordan. Unpublished M.Sc. thesis, U. of Jordan, Amman.
- Saffarini, G., 1988 : Geochemical characterization of a carbonate-hosted hydrothermal iron ore : The Warda iron deposit Ajlun, Jordan. Dirasat, In print.
- Salameh, E., 1975: The discovery of gypsum in the Azraq area, Dirasat, 2:69-75.

- Salameh, E., 1980: The Sweileh structure, N.Jb. Geol. Palaont., Mh., 7: 428-438.
- Salameh, E., and Khudeir, K., 1983: Thermal water system in Jordan., N. Jb. Geol. Palaont. Mh., 4: 249-256.
- Salameh, E., and Udluft, P., 1984: Hydrodynamic pattern of the central part of Jordan., Geol. Jb., C38: 39-53.
- Sasa, A., and Abu Taha, I. 1983: Batn El-Ghoul clay and its future utilization. NRA, Internal Report. Amman.
- Shadfan, H., and Dixon, J. 1984: Occurrence of palygorskite in the soils and rocks of the Jordan Valley, Developments In Sedimentology. 37: 187 - 199.
- Slatikine, A., 1961: Nodules Cuprifères du Neguev (Israel), Bull. Res. Counc. Israel, 10 : 292-299.
- Sturm, E., 1953: Possible origins of manganese ore in the Negev. Bull. of the Res. Counc., 3, Jerusalem.
- Sunna, B., 1984: Feldspars in Jordan, NRA Internal Report, Amman.
- Taimah, M., and El-Hiyari, M., 1978: Report on the gypsum occurrences in southern Jordan., N.R.A. Unpublished Report, Amman, 22P.
- Wetzel, R., and Morton, D., 1959: Contribution a La Geologie de la Transjordanie - notes et Memories sur le Moyen-Orient. Publiees sous la direction de M.L. Dubetret. Contributions a la Geologie de La Peninsule Arabique, Museum Nat. d'Hist. Nature, Paris, 7: 95 - 188.
- Weissbrod, T., 1969: The Paleozoic of Israel and adjacent countries. Bull. Geol. Surv. Israel., 48: 32 p.
- Wiersma, J., 1970: Provenance, genesis, and paleogeogeographical implications of microminerals occurring in sedimentary rocks of the Jordan Valley area. Fysisch-Geografisch, Amsterdam.
- Wiesemann, G., and Abdullatif, A., 1963: Geology of Yarmouk area, north Jordan, GGM., 120 P.
- Wiesemann, G., and Rosch, H., 1969: Das Apatit-Vorkommen Von Suweileh; Nord-Jordanien. Beih. Geol. Jb., 81: 177-214.
- Wriekat, A., Abdallah, M., and Saffarini, G., 1987: The determination of U and Th in some Jordanian mineral deposits using natural gamma-ray spectroscopy., Dirasat, 14 : 187 - 191.

////////////////////////////////////

شكر

يتقدم الكاتب بخالص شكره وتقديره الى الجامعة الأردنية لنشر هذا الكتاب من ضمن (منشورات الجامعة الأردنية). ويخص بالذكر الاستاذ الدكتور محمد عدنان البخيت عميد البحث العلمي في الجامعة الأردنية وجميع العاملين في مطبعة الجامعة.

كما يود أن يعبر عن جزيل الشكر والعرفان الى جميع العاملين في سلطة المصادر الطبيعية وفي قسم الجيولوجيا والمعادن في كلية العلوم بالجامعة الأردنية لمساعدتهم وتشجيعهم المستمر. ويخص بالذكر الاستاذ الدكتور عبد القادر عابد رئيس القسم لقراءة النص باللغة العربية وللأنسة رمزية أحمد العامري والسيدة ميسون منير الغلاييني لطباعة مسودات الكتاب والسادة أحمد عبد القادر تايه ومحمد البستنجي على رسم الاشكال الواردة في هذا الكتاب.

////////////////////////////////////

حقوق الطبع والنشر والتوزيع والترجمة محفوظة
للجامعة الأردنية

*All Copyrights are Reserved
for the University of Jordan
Amman*



صورة الغلاف : معدن ابو فيليليت من منطقة ضبعة

مطبعة الجامعة الأردنية

عمان ١٩٨٩

Publications Of The University Of Jordan



***Industrial Rocks and Minerals
in Jordan
(Occurrences, Properties and Origin)***

Hani N. Khoury

Amman, 1989

Publications Of The University Of Jordan



***Industrial Rocks and Minerals
in Jordan
(Occurrences, Properties and Origin)***

By
Hani N. Khoury

Amman, 1989